



ΤΕΙ Κρήτης
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗ ΝΗΣΟ ΣΥΜΗ ΑΠΟΤΕΛΟΥΜΕΝΟ ΑΠΟ ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΚΑΙ ΑΝΑΣΤΡΕΨΙΜΟ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ.



Όνοματεπώνυμο σπουδαστή: Παναγιώτης Μεγαλούδης

Αριθμός μητρώου σπουδαστή : 5658

Επιβλέπων καθηγητής : κος Κατσαπρακάκης Δημήτρης

ΗΡΑΚΛΕΙΟ – ΜΑΪΟΣ 2017,

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην συγκεκριμένη εργασία παρουσιάζεται η μελέτη ενός αναπτυξιακού έργου που μπορεί να αποτελέσει μοχλό ανάπτυξης σε μη διασυνδεδεμένα νησιά όπως είναι τα Δωδεκάνησα οι Κυκλάδες κ.α. νησιωτικά συμπλέγματα. Πιο συγκεκριμένα, η μελέτη προσομοιώνει ένα υβριδικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη νήσο Σύμη που ακολουθεί μια ανελαστική πορεία στην ζήτηση ισχύος χωρίς να παρεμβαίνει στις ανάγκες του καταναλωτή και στηρίζεται σε μη εγγυημένες πηγές ενέργειας. Με τον όρο μη εγγυημένες εννοούμε τις πηγές ενέργειας όπου η διαθεσιμότητά τους δεν εξαρτάται από την ζήτηση και είναι γνωστές ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Αιολική ενέργεια, ηλιακή ακτινοβολία κλπ). Μια εγγυημένη πηγή ενέργειας είναι το πετρέλαιο που χρησιμοποιείται από τις γεννήτριες ντίζελ όταν έχουμε την ανάγκη ενέργειας. Με σκοπό να ανταπεξέλθει στις ανάγκες ζήτησης ένα σύστημα που βασίζεται σε μη εγγυημένες πηγές, αποθηκεύει ενέργεια όταν η παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας υπερκαλύπτει τις ανάγκες ζήτησης και την προσδίδει στο δίκτυο τις ώρες που συμβαίνει το αντίθετο.

Ο υβριδικός σταθμός θα περιλαμβάνει το αιολικό πάρκο το οποίο λειτουργεί ως μονάδα βάσης, το αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό που θα αποτελείται από την άνω δεξαμενή όπου συνδέεται μέσω υδραυλικής εγκατάστασης (όδευση αγωγών) με τους υδροστρόβιλους το αντλιοστάσιο και την κάτω δεξαμενή που στην προκειμένη περίπτωση είναι η θάλασσα και θα λειτουργεί ως μονάδα αποθήκευσης ενέργειας. Η ενέργεια που θα αποθηκεύεται εξαρτάται κάθε φορά από την διαθεσιμότητα του αιολικού δυναμικού. Όταν το αιολικό πάρκο φέρει ισχύ μεγαλύτερη της ζήτησης δικτύου τότε το αιολικό πάρκο θα διεισδύει στο δίκτυο με ισχύ ίση με το 30% της συνολικής ζήτησης ισχύος ενώ η περισσευούμενη ισχύς του αιολικού πάρκου θα διατίθεται στο αντλιοστάσιο με σκοπό να αποθηκευτεί υδροδυναμική ενέργεια στην άνω δεξαμενή εφόσον η χωρητικότητα της δεξαμενής το επιτρέπει. Αν η ισχύς του αιολικού πάρκου είναι μικρότερη από το 30% της ζήτησης ισχύος του δικτύου τότε όλη η ισχύς από το αιολικό πάρκο θα διεισδύει στο δίκτυο. Κάθε φορά που θα υπολείπεται ενέργεια αυτή θα καλύπτεται από τους υδροστρόβιλους εφόσον υπάρχει διαθέσιμη αποθηκευμένη ενέργεια στην άνω δεξαμενή ή από τις θερμοηλεκτρικές μονάδες.

Τέλος θα γίνει αναφορά στοιχείων μηχανολογικού εξοπλισμού θα ακολουθήσει περιγραφή δεδομένων ζήτησης ισχύος του νησιού και ανεμολογικών χαρακτηριστικών, διαστασιολόγηση του υβριδικού σταθμού ,η χωροθέτηση του και οικονομική αξιολόγηση.



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Δημήτρη Κατσαπρακάκη τόσο για την ουσιαστική καθοδήγηση του όσο και για την προτροπή του να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα καθώς ανταποκρινόταν πλήρως στα ερευνητικά μου ενδιαφέροντα. Οι γνώσεις που απέκτησα μέσα από την εκπόνηση της πτυχιακής και της φοίτησης μου αποτελούν σημαντικά εφόδια για την επαγγελματική μου σταδιοδρομία. Τέλος, ευχαριστώ τους καθηγητές του τμήματος για τις γνώσεις που απέκτησα και την οικογένεια μου που με στήριξε κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|--|------------------|
| Περίληψη..... | σελ 2-3 |
| Ευχαριστίες..... | σελ 4 |
| Περιεχόμενα..... | σελ 5-7 |
| Εισαγωγή..... | σελ 8 |
| Κεφάλαιο 1 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας..... | σελ 9-18 |
| • 1.1 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας..... | σελ 9-10 |
| • 1.2 Αιολική Ενέργεια..... | σελ 10-11 |
| • 1.3 Ανεμογεννήτριες..... | σελ 11-12 |
| • 1.4 Κατηγορίες Ανεμογεννητριών..... | σελ 12-14 |
| • 1.5 Συντήρηση Ανεμογεννητριών..... | σελ 14-15 |
| • 1.6 Υδροηλεκτρική Ενέργεια..... | σελ 15-16 |
| • 1.7 Υδροστρόβιλοι..... | σελ 16-18 |
| Κεφάλαιο 2 Αναστρέψιμα Υδροηλεκτρικά Έργα..... | σελ 19-30 |
| • 2.1 Ανάγκη Αποθήκευσης Ενέργειας..... | σελ 19-20 |
| • 2.2 Αποθήκευση σε Υδραυλικό Ταμιευτήρα..... | σελ 20-21 |
| • 2.3 Κύρια Χαρακτηριστικά των Αναστρέψιμων ΥΗΕ..... | σελ 21 |
| • 2.4 Φάση της Αντλησης..... | σελ 22 |
| • 2.5 Φάση Επαναπόσδοσης της Υδραυλικής Ενέργειας..... | σελ 22-23 |
| • 2.6 Αποτελεσματικότητα της Αντλησης στην Αποθήκευση Ενέργειας..... | σελ 23-24 |
| • 2.7 Εφαρμογή της Αντλησιοταμίευσης σε Υβριδικό Σύστημα..... | σελ 24-25 |
| • 2.8 Τρόπος Λειτουργίας Αναστρέψιμων ΥΗΕ..... | σελ 25-26 |
| • 2.9 Το Υβριδικό Σύστημα στα Κανάρια Νησιά..... | σελ 26-27 |

| | |
|--|--|
| • 2.10 Το υπό Κατασκευή Έργο στην Ικαρία.....σελ 27-28 | |
| • 2.11 Το Υβριδικό Σύστημα στην Ιαπωνία.....σελ 28-29 | |
| • 2.12 Τα Οφέλη από την Εισαγωγή Αναστρέψιμων ΥΗΕ στην Ελλάδα.....σελ 29-30 | |
| • 2.13 Νομοθετική Διάταξη Σχετικά με τα Αναστρέψιμα ΥΗΕ και Τρόπος Λειτουργίας.....σελ 30 | |
| Κεφάλαιο 3 Περιγραφή του Νησιού.....σελ 31-40 | |
| • 3.1 Γεωγραφικά και Κλιματολογικά Στοιχεία Σύμης.....σελ 31-32 | |
| • 3.2 Μεγέθη Ζήτησης Ηλεκτρικής Ισχύος.....σελ 32-39 | |
| • 3.3 Περιγραφή Τοπικού Σταθμού Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας και Μεγέθη Παραγωγής.....σελ 39 | |
| • 3.4 Ετήσια Κατανάλωση Πετρελαίου του Σταθμού Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας.....σελ 40 | |
| Κεφάλαιο 4 Μελέτη Υβριδικού σταθμού.....σελ 41-60 | |
| • 4.1 Σκοπός του Έργου.....σελ 41 | |
| • 4.2 Θέση Εγκατάστασης Υδροηλεκτρικού Σταθμού.....σελ 41-42 | |
| • 4.3 Αλγόριθμος Λειτουργίας του Συστήματος.....σελ 42-44 | |
| • 4.4 Διαστασιολόγηση-Χωροθέτηση Άνω Δεξαμενής.....σελ 44-47 | |
| • 4.5 Διαστασιολόγηση-Χωροθέτηση Αγωγού.....σελ 47-53 | |
| • 4.6 Διαστασιολόγηση Αιολικού Πάρκου.....σελ 53-56 | |
| • 4.7 Διαστασιολόγηση Υδροστροβίλων.....σελ 56-57 | |
| • 4.8 Διαστασιολόγηση Αντλιοστασίου.....σελ 57 | |
| • 4.9 Ονομαστικά Μεγέθη.....σελ 58 | |
| • 4.10 Ετήσια Μεγέθη Παραγωγής.....σελ 58-60 | |

| | |
|--|------------------|
| Κεφάλαιο 5 Τεχνοοικονομική Ανάλυση του Έργου..... | σελ 61-62 |
| 1. 5.1 Αρχικό Κόστος Εγκατάστασης..... | σελ 61 |
| 2. 5.2 Χρηματοδοτικό Σχήμα..... | σελ 62 |
| 3. 5.3 Ετήσια Χρηματοροπή..... | σελ 62 |
| | |
| Κεφάλαιο 6 Επίλογος..... | σελ 66-67 |
| 1. 6.1 Αξιολόγηση Έργου..... | σελ 66 |
| 2. 6.2 Συμπεράσματα..... | σελ 67 |
| Βιβλιογραφία..... | σελ 68 |

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται όλο ένα και περισσότερο η εισαγωγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην χώρα μας καθώς διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο προς όφελος της εθνικής οικονομίας αλλά και του οικολογικού μας συστήματος. Σκοπός των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Α.Π.Ε.) είναι να ελαχιστοποιήσουν την κατανάλωση ορυκτών καυσίμων που χρησιμοποιείται από διάφορους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι δίνεται η δυνατότητα να αποφέρει περισσότερα καθαρά έσοδα για τον ίδιο τζίρο στους σταθμούς ενώ ταυτόχρονα θα μειώνουν τις εκπομπές ρύπων CO₂ που επιφέρουν ανεπιθύμητα περιβαλλοντολογικά αποτελέσματα.

Η Ελλάδα αποτελεί μια χώρα με καλά ανεμολογικά χαρακτηριστικά με καλή ηλιοφάνεια ενώ παράλληλα υπάρχουν νησιωτικά συμπλέγματα όπου ο αέρας είναι ποιοτικός, δηλαδή έχει σταθερή κατεύθυνση, με επαρκή ένταση για την δημιουργία αιολικού πάρκου. Επειδή οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Α.Π.Ε) αποτελούν μη εγγυημένες πηγές ενέργειας δημιουργείται η ανάγκη αποθήκευσης ενέργειας έτσι ώστε να διασφαλίζεται η εξυπηρέτηση της ζήτησης ισχύος.

Τα αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά έργα σκοπό έχουν την αποθήκευση ενέργειας υπό μορφή υδραυλικής δυναμικής ενέργειας, και στην συνέχεια την μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Σε χρονικές περιόδους όπου η ζήτηση του δικτύου είναι μικρή, η περίσσεια ενέργεια που προκύπτει μετά την εξυπηρέτηση της ζήτησης ισχύος μετατρέπεται σε υδραυλική, η οποία μετατρέπεται εκ νέου σε ηλεκτρική σε χρονικές περιόδους στις οποίες αυτό είναι επιθυμητό και συγκεκριμένα, σε περιόδους αυξημένης ζήτησης.

Ένα αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό έργο θα πρέπει να αποτελείται από τις ακόλουθες κύριες συνιστώσες: Αιολικό πάρκο που λειτουργεί και ως μονάδα βάσης του συστήματος, αντλητικό συγκρότημα μέσω του οποίου αντλείται το νερό από έναν κάτω ταμιευτήρα προς έναν πάνω ταμιευτήρα μέσω ενός καταθλιπτικού αγωγού. Υδροστρόβιλο ή υδροστρόβιλους για την μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε ηλεκτρική, λειτουργία που συνοδεύεται με την μεταφορά νερού από τον πάνω ταμιευτήρα προς τον κάτω ταμιευτήρα

Κεφάλαιο 1

1.1 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Η ανθρωπότητα μαστίζεται από αρκετά περιβαλλοντικά προβλήματα τα οποία είναι αποτέλεσμα της μακροχρόνιας ρύπανσης του περιβάλλοντος με σκοπό την εξυπηρέτηση των σύγχρονων ανθρώπινων αναγκών, από ρυπογόνα εργοστάσια μεταποίησης ή κατασκευής εμπορευμάτων μέχρι ρυπογόνους ενεργειακούς σταθμούς που εκλύουν διοξείδιο του άνθρακα CO₂. Στη αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και άλλων ρύπων συμβάλλει αρκετά το φαινόμενο του θερμοκηπίου που οφείλεται στις ενεργειακές καύσεις και αποτελεί μια σημαντική απειλή για την κλιματική αλλαγή στον πλανήτη. Για να περιοριστεί τόσο το φαινόμενο του θερμοκηπίου όσο και άλλες ενέργειες οι οποίες μολύνουν την ατμόσφαιρα, χρειάζονται αλλαγές κυρίως στην παραγωγή ενέργειας που αποτελεί κύριο παράγοντα ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας γνωστές και ως (Α.Π.Ε.) χρησιμοποιούν τις δυνάμεις της φύσης όπως η αιολική ενέργεια και συμβάλλουν δραστικά στην μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα CO₂.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Α.Π.Ε) ανανεώνονται συνεχώς και είναι φιλικές προς το περιβάλλον καθώς δεν εκπέμπουν διοξείδιο του άνθρακα, υδρογονάνθρακες τοξικά ή ραδιενεργά απόβλητα. Επιπρόσθετα συνεισφέρουν στην ενεργειακή αυτονομία και στην απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα στα οποία μειώνεται η διαθεσιμότητα και έχει ως αποτέλεσμα άσχημες οικονομικές συνέπειες από την αύξηση της τιμής τους. Τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας απαρτίζουν η ηλιακή ακτινοβολία, ο άνεμος, η βιομάζα, το κινούμενο νερό και η γεωθερμία. Τα μειονεκτήματα των Α.Π.Ε. είναι η χαμηλή πυκνότητα ισχύος και ενέργειας, οι διακυμάνσεις διαθεσιμότητας, ο χαμηλός συντελεστής χρησιμοποίησης CF και το υψηλό μέχρι στιγμής κόστος επένδυσης ανά μονάδα εγκατεστημένης ισχύος.

Σημαντική για τις ΑΠΕ είναι η απόφαση που πήραν αρχηγοί κρατών της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη θέσπιση του στόχου «20-20- 20 το Μάρτιο του. Η πρόταση περιλαμβάνει τρεις στόχους μέχρι το 2020: Μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου κατά 20% σε σχέση με τις εκπομπές του 1990. Μείωση της

κατανάλωσης ενέργειας κατά 20% σε σχέση με την προβλεπόμενη κατανάλωση το 2020. Το 20% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας το 2020 να προέρχεται από ΑΠΕ.

1.2 Αιολική Ενέργεια

Η άνιση θέρμανση της επιφάνειας της γης και της θάλασσας από τον ήλιο έχει ως αποτέλεσμα διαφοροποιήσεις στην ατμοσφαιρική πίεση η οποία με την σειρά της δημιουργεί ανέμους. Η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνεια της γης σε ποσοστό 1-2% μετατρέπεται σε άνεμο. Στις τροπικές ζώνες ο αέρας θερμαίνεται και ανυψώνεται στην ατμόσφαιρα και στην συνέχεια κατευθύνεται προς τους πόλους. Η περιστροφή της γης επηρεάζει την κίνηση του ανέμου προς τους πόλους.

Το ανάγλυφο μιας περιοχής, η εποχή είναι χαρακτηριστικά όπου οι ταχύτητες ανέμου διαφέρουν. Κατάλληλη μια περιοχή, για να χρησιμοποιήσει την αιολική ενέργεια θεωρείτε όταν η μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου είναι μεγαλύτερη από 4 m/s σε υψόμετρο 10 m. Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει τις περιοχές της Ελλάδας που μπορεί να αξιοποιηθεί η αιολική ενέργεια, βάση της μέσης ετήσια ταχύτητας ανέμου, τέτοιες περιοχές είναι τα νησιά του Αιγαίου και η Κρήτη.

Σε μια γεωγραφική τοποθεσία όσο αυξάνεται το ύψος τόσο αυξάνεται και η ένταση του ανέμου και για τον λόγο αυτό οι καλύτερες θέσεις για την εγκατάσταση ενός αιολικού πάρκου είναι οι ομαλές κορυφές λόφων που απέχουν από άλλους λόφους. Η παραγόμενη ισχύς από τον άνεμο εξαρτάται από την συνάρτηση της πιθανής πυκνότητας (PDF) της ταχύτητας του ανέμου και όχι απλά από την μέση τιμή του ανέμου σε μια περιοχή. Η χρησιμοποιούμενη συνάρτηση πυκνότητας για το αιολικό δυναμικό είναι η συνάρτηση Rayleigh.

Η αιολική ενέργεια παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα όσο αφορά την εκμετάλλευση της από τον άνθρωπο με σκοπό να παράγει ενέργεια και κυρίως είναι σημαντική γιατί μπορεί να μετατραπεί απευθείας σε ηλεκτρική μέσω των ανεμογεννητριών και παράλληλα δεν μολύνει με ατμοσφαιρικούς ρύπους το περιβάλλον. Όμως η αιολική ενέργεια παρουσιάζει και μειονεκτήματα καθώς δεν έχει

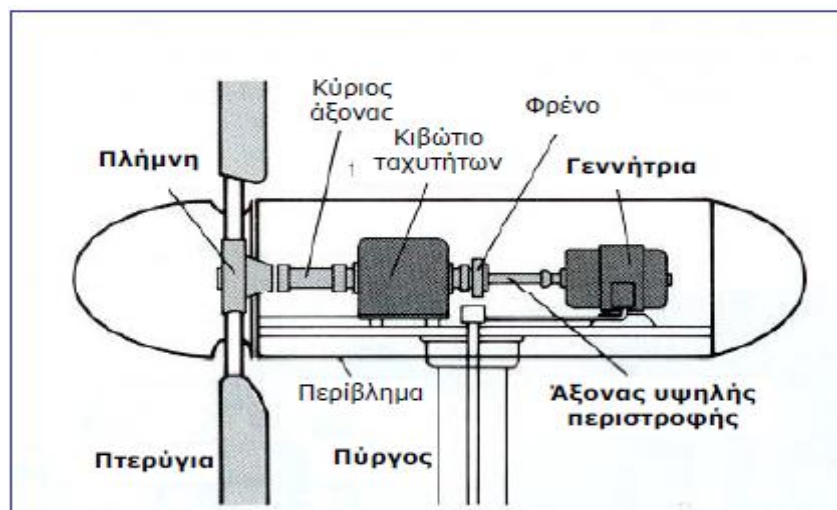
σταθερή ένταση ισχύος λόγω της αυξομείωσης έντασης του ανέμου η οποία είναι διαφορετική κατά την διάρκεια της ημέρας, του μήνα και του έτους. Ακόμα ένα μειονέκτημα της έχει να κάνει με την χαμηλή πυκνότητα που έχει σαν μορφή ενέργειας και για τον λόγο αυτό απαιτούνται αρκετές ανεμογεννήτριες για την παραγωγή μεγάλης ισχύος. Παρά τα μειονεκτήματα που παρουσιάζει εάν τα συγκρίνουμε με τις συμβατικές πηγές ενέργειας θα συμπεράνουμε ότι είναι δευτερεύουσας σημασίας

Η χώρα μας έχει αρκετά καλά ανεμολογικά χαρακτηριστικά και κυρίως στις νησιωτικές περιοχές, η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας μέσω ανεμογεννητριών είναι σημαντική για την βιώσιμη ανάπτυξη, την απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, και την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

1.3 Ανεμογεννήτριες

Με σκοπό να εκμεταλλευτούμε την αιολική ενέργεια χρησιμοποιούμε ανεμογεννήτριες στις οποίες η κινητική ενέργεια του ανέμου μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Η περιστροφική κίνηση της πτερωτής μεταφέρεται μέσω του άξονα στην γεννήτρια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα αιολικό πάρκο δεν εισάγει στο ηλεκτρικό δίκτυο όλη την παραγόμενη ισχύ για λόγους ασφαλείας λόγω των αυξομειώσεων της έντασης του ανέμου και διεισδύει στο δίκτυο με ένα ποσοστό της τάξης του 40% της συνολικής ζήτησης του δικτύου όταν η συνολική παραγόμενη ισχύ από το αιολικό πάρκο είναι μεγαλύτερη από την ζήτηση για μια δεδομένη στιγμή διαφορετικά διεισδύει όλη η παραγόμενη ισχύ στο ηλεκτρικό δίκτυο. Εφόσον γίνει καταγραφή του ετήσιου αιολικού δυναμικού για μια περιοχή επιλέγεται η καλύτερη τοποθεσία εγκατάστασης του αιολικού πάρκου. Τα κύρια μέρη μιας ανεμογεννήτριας είναι η πτερωτή η οποία μετατρέπει την αιολική ενέργεια σε περιστροφική κίνηση, η πλήμνη η οποία αποτελεί το μηχανοστάσιο της ανεμογεννήτριας, την γεννήτρια και ρυθμιστικές διατάξεις ελέγχου. Ο πύργος ο οποίος αποτελείται από μεταλλικό δικτύωμα ή σωλήνα, ή στήλη από μπετόν και στηρίζει την ανεμογεννήτρια στη βάση της ενώ ιδιαίτερη σημασία στις μηχανές οριζοντίου άξονα έχει το ύψος και το κόστος κατασκευής του λαμβάνοντας υπόψη την διάμετρο πτερωτής και την αξιοποίηση υψηλότερων ταχυτήτων ανέμου σε

μμεγαλύτερο υψόμετρο. Ο ηλεκτρονικός εξοπλισμός με τα συστήματα αυτοματισμών προστασίας της ανεμογεννήτριας.



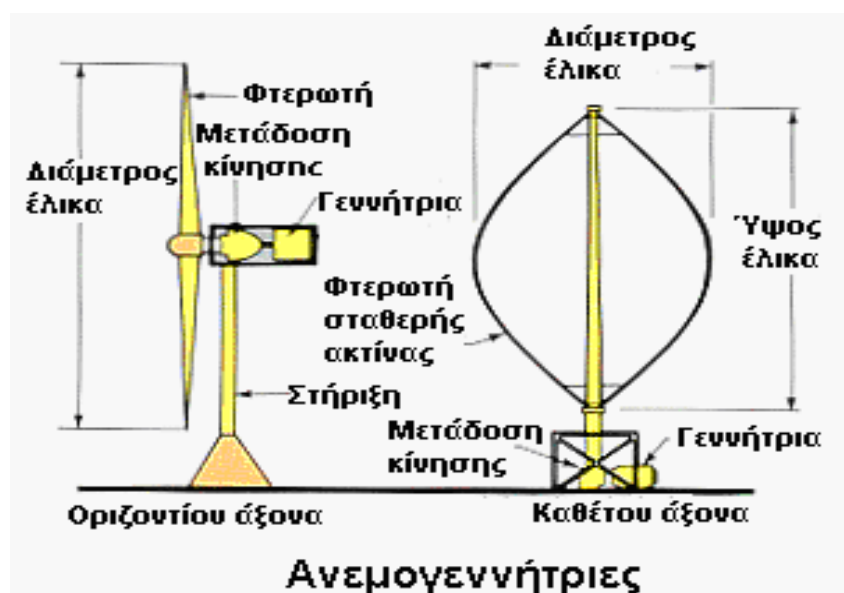
Εικόνα1.2: Μέρη ανεμογεννήτριας

1.4 Κατηγορίες Ανεμογεννητριών

Για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας έχουν σχεδιαστεί ανεμογεννήτριες διάφορων τύπων. Οι πιο συνηθισμένες κατηγορίες είναι αυτές του οριζόντιου και κάθετου άξονα. Οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα έχουν τον άξονά τους παράλληλο προς την επιφάνεια της γης, ο οποίος επίσης περιστρέφεται ώστε να είναι πάντοτε παράλληλος και με τη διεύθυνση του ανέμου. Οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα έχουν 2 ή 3 πτερύγια (τύπου έλικας). Το 75% των σύγχρονων ανεμογεννητριών έχουν τρία πτερύγια. Η εξέλιξη στον τομέα της αεροδυναμικής διαδραματίζει σημαντικό ρόλο για την βελτίωση σχεδιασμού των ανεμογεννητριών, η σχεδίαση πτερυγίων με μεγάλο αεροδυναμικό βαθμό είναι ο στόχος με σκοπό να αξιοποιηθεί η αιολική ενέργεια στον καλύτερο δυνατό βαθμό.

Οι ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα μπορούν εκμεταλλεύονται τον άνεμο ανεξάρτητα από τη κατεύθυνση του και δεν υπάρχει η ανάγκη ρύθμισης του δρομέα με αλλαγή της κατεύθυνσης του ανέμου. Οι ανεμογεννήτριες αυτές περιστρέφονται γύρω από έναν κάθετο άξονα προς την κατεύθυνση του ανέμου. Το παραγόμενο μηχανικό έργο μεταφέρεται μέσω του κατακόρυφου άξονα στο έδαφος όπου

εγκαθίσταται η γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι μηχανές κατακόρυφου άξονα έχουν πρόβλημα κατά την εκκίνηση, για την οποία απαιτείται εξωτερική βοήθεια. Ένα άλλο πρόβλημα σχετίζεται με τις δυσκολίες κατασκευής, μεταφοράς και εγκατάστασης των μακρόστενων πτερυγίων.



Εικόνα1.3: Ανεμογεννήτριες οριζόντιου και κατακόρυφου άξονα

Ο πύργος στήριξης μιας ανεμογεννήτριας αποτελείται από μεταλλικό σωλήνα ή από ένα μεταλλικό δικτύωμα ή από μία στήλη από οπλισμένο σκυρόδεμα. Σήμερα η τυπική τιμή ισχύος των ανεμοκινητήρων είναι τα 1000 kW, με διάμετρο δρομέα 60 m και σε ύψος 60-80 m. Ακόμα οι ανεμογεννήτριες είναι σχεδιασμένες να λειτουργούν σε μια περιοχή ταχυτήτων του ανέμου όπου η ταχύτητα έναρξης (cut-in speed) είναι περίπου 4-5 m/s. Η ταχύτητα αποκοπής (cut-out speed) καθορίζεται από την δυνατότητα της συσκευής να αντέχει την υψηλή ταχύτητα του ανέμου. Η ονομαστική ταχύτητα (rated speed) είναι η ταχύτητα του ανέμου στην οποία η συσκευή επιτυγχάνει τη μέγιστη ονομαστική ισχύ. Πάνω από αυτήν την ταχύτητα υπάρχουν μηχανισμοί για να διατηρείται η παραγόμενη ενέργεια σταθερή για αυξανόμενη ταχύτητα του ανέμου.

Υπάρχει σύστημα προσανατολισμού προς τη διεύθυνση του ανέμου, το οποίο λειτουργεί είτε με κατάλληλους αισθητήρες και σύστημα σερβομηχανισμού ή (σπανιότερα σήμερα) με τη βοήθεια καθοδηγητικού πτερυγίου. Για τον έλεγχο ισχύος

της ανεμογεννήτριας είναι απαραίτητη είτε η ρύθμιση του βήματός της, ή ο κατάλληλος αεροδυναμικός σχεδιασμός και η αξιοποίηση του φαινομένου της «απώλειας στήριξης». Ο δρομέας αποτελείται από τα 2-3 πτερύγια (που συνδέονται στην πλήμνη) και το σύνδεσμο του δρομέα με τη γεννήτρια. Διάφορα σχήματα δρομέα έχουν προταθεί και δοκιμαστεί. Τα πτερύγια κατασκευάζονται από ενισχυμένο πολυεστέρα, ελαφρά κράματα μετάλλων κ.α. ή συνίστανται από περισσότερα του ενός υλικά (π.χ. συνδυασμός χάλυβα και πολυμερικών υλικών). Τα πτερύγια μπορούν να είναι σε οριζόντια ή κατακόρυφη θέση. Ο άξονας μιας ανεμογεννήτριας κατασκευάζεται από ενισχυμένο χάλυβα ώστε να μπορεί να μεταφέρει ισχυρές στρεπτικές και καμπτικές ροπές. Η έδρασή τους γίνεται συνήθως σε δύο έδρανα, τα οποία είναι ικανά να παραλαμβάνουν τόσο το βάρος του άξονα, όσο και τα ασκούμενα φορτία. Το σύστημα μετάδοσης περιλαμβάνει διβάθμιο ή τριβάθμιο κιβώτιο μετασχηματισμού της χαμηλής ταχύτητας περιστροφής του δρομέα στις υψηλές ταχύτητες περιστροφής, όπου λειτουργούν συνήθως οι ηλεκτρικές γεννήτριες. Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί συστήματα χωρίς σύστημα μετάδοσης.

1.5 Συντήρηση Ανεμογεννητριών

Η σωστή λειτουργία μιας ανεμογεννήτριας επηρεάζεται σημαντικά από τις καιρικές συνθήκες, την ταχύτητα του ανέμου, τις δονήσεις των πτερυγίων κ.α. καθώς αποτελούν αρκετά πολύπλοκες μηχανές. Έτσι για την ορθή λειτουργία τους απαιτείται τακτική και προσεκτική συντήρηση προκειμένου να αποφευχθούν τυχόν αστοχίες, τεχνικά προβλήματα και ατυχήματα που μπορούν να προκαλέσουν ανεπανόρθωτες ζημιές.

Ο άνεμος προκαλεί δονήσεις κυρίως στα πτερύγια αλλά και σε άλλα μέρη μιας ανεμογεννήτριας και αποτελεί ένα από τους παράγοντες που μπορούν να οδηγήσουν σε πιθανότητα λειτουργικής αστοχίας ή ατυχήματος.

Ένας άλλος παράγοντας που μπορεί να οδηγήσει σε μία πιθανή βλάβη στην ανεμογεννήτρια είναι η σκόνη. Η σκόνη (με τη μορφή γύρης, χνουδιών, σπόρων, εντόμων, κλπ.) παρεμποδίζει τη ροή του αέρα και μειώνει την ψύξη και κατά συνέπεια αυξάνεται η θερμοκρασία των διαφόρων μηχανικών και ηλεκτρικών

εξαρτημάτων, όπως είναι η γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, το κιβώτιο ταχυτήτων, κλπ.

Με σκοπό να αποφευχθεί όσο το δυνατό γίνεται μια λειτουργική αστοχία είναι απαραίτητη η προληπτική συντήρηση. Κάθε κατασκευαστής ανεμογεννητριών παρέχει το δικό του εγχειρίδιο και πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης. Η λίπανση των κινούμενων μερών είναι μια διαδικασία που περιλαμβάνει η προληπτική συντήρηση η οποία αν δεν εκτελεστεί θα επιφέρει λειτουργική αστοχία.

Η έγκαιρη συντήρηση περιλαμβάνει παρακολούθηση συγκεκριμένων στοιχείων για μία έγκαιρη ανίχνευση των μεταβολών στις συνθήκες λειτουργίας καθώς εκτελείται τακτικά, αναλύοντας ορισμένα δεδομένα, τα οποία οι τεχνικοί καταχωρούν και προσφέρουν τη δυνατότητα ανάλυσης και σύγκρισης τους. Με τον προγραμματισμό διορθωτικών εργασιών θα επιτευχθεί η ελάχιστη παραγωγική επίδραση κάθε ανεμογεννήτριας.

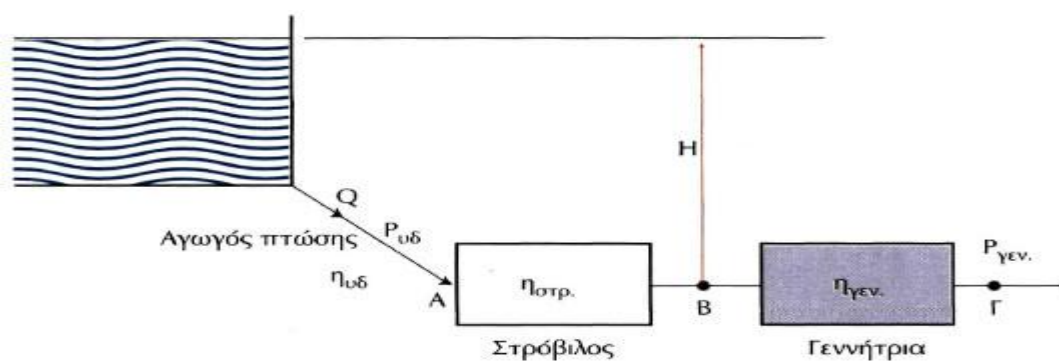
Σε οποιαδήποτε φάση συντήρησης η πρώτη εργασία που εκτελείται αμέσως με την άφιξη στο αιολικό πάρκο είναι ο έλεγχος της κατάστασης κάθε ανεμογεννήτριας. Εάν μία ανεμογεννήτρια δεν λειτουργεί εξαιτίας βλάβης, τότε απαιτείται διορθωτική ενέργεια (διορθωτική συντήρηση). Η διορθωτική συντήρηση σε μία ανεμογεννήτρια είναι η εκτέλεση των απαιτούμενων εργασιών συντήρησης με στόχο την διόρθωση πιθανών σφαλμάτων, την αντικατάσταση εξαρτημάτων.

1.6 Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Η Υδροηλεκτρική Ενέργεια στηρίζεται στην εκμετάλλευση και τη μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού των λιμνών και της κινητικής ενέργειας του νερού των ποταμών σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, μέσω της περρωτής του στροβίλου, έχουμε την μετατροπή της κινητικής ενέργειας του νερού σε μηχανική ενέργεια με την μορφή περιστροφής του άξονα της περρωτής και στο δεύτερο στάδιο, μέσω της γεννήτριας, επιτυγχάνουμε τη μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Το σύνολο των έργων και εξοπλισμού μέσω των οποίων γίνεται η μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε ηλεκτρική, ονομάζεται Υδροηλεκτρικό Έργο (ΥΗΕ).

Όταν ένα σώμα m βρίσκεται σε ένα ορισμένο ύψος h τότε λέμε ότι το συγκεκριμένο σώμα έχει δυναμική ενέργεια ίση με $U = m \cdot g \cdot h$ όπου g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας ($=9,81 \text{ m/s}^2$). Έτσι όταν μάζα νερού αποθηκεύεται σε μια λιμνοδεξαμενή η οποία βρίσκεται σε υψόμετρο h αντιπροσωπεύει αποθηκευμένη υδροδυναμική δυναμική ενέργεια η οποία δίνεται από την σχέση $PE = g \cdot m \cdot h$ όπου g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας ($=9,81 \text{ m/s}^2$), m η μάζα του νερού (kg) και h το καθαρό ύψος της υδατόπτωσης (m). Επομένως, η ισχύς σε W μιας υδατόπτωσης δίνεται από τη σχέση: $P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h$ όπου Q είναι μαζική παροχή (m^3/s) και h η διαφορά ύψους από την επιφάνεια του νερού και το στρόβιλο. Λόγω κυρίως των ενεργειακών απωλειών από τη ροή του νερού στους αγωγούς και το στρόβιλο, η εξίσωση πρέπει να πολλαπλασιαστεί με το συντελεστή απόδοσης η , ο οποίος κυμαίνεται από 0,8 μέχρι 0,95.

Δύο υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις με την ίδια αποδιδόμενη ισχύ μπορεί να είναι πολύ διαφορετικές: στη μία μπορεί να χρησιμοποιείται τεράστιος όγκος νερού με μικρή υψομετρική διαφορά και στην άλλη μικρός όγκος νερού, ο οποίος όμως πέφτει από μεγάλο ύψος. Οι υδροηλεκτρικές μονάδες μπορούν να χαρακτηρίζονται ως χαμηλής, ενδιάμεσης και μεγάλης υψομετρικής διαφοράς του νερού.



Εικόνα1.4: Υδροηλεκτρικό έργο

1.7 Υδροστρόβιλοι

Οι υδροστρόβιλοι μεταποιούν την ενέργεια του νερού που πέφτει σε ισχύ περιστρεφόμενου άξονα και διακρίνονται σε υδροστροβίλους δράσεως και σε

υδροστροβίλους αντιδράσεως, ανάλογα με τη διαδικασία που χρησιμοποιείται, με σκοπό να μετατραπεί η παροχή νερού, το υδραυλικό ύψος σε μηχανική ισχύ.

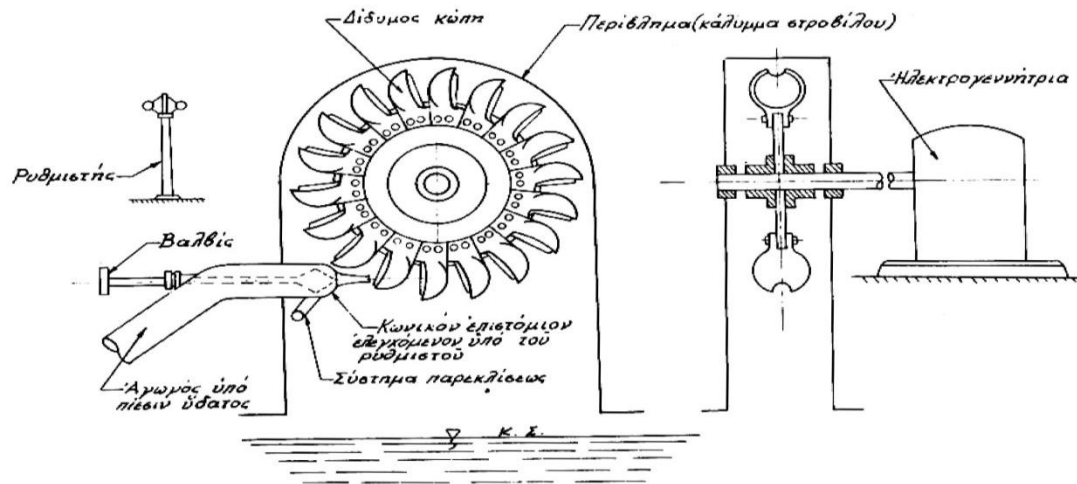
Η πτερωτή λειτουργεί αξονοσυμμετρικά στους υδροστροβίλους αντίδρασης και η στατική πίεση διαφοροποιείται διαρκώς. Η συγκεκριμένη κατηγορία υδροστροβίλων εφαρμόζεται για κατασκευές μικρού υδραυλικού ύψους και μεγάλης παροχής νερού και επιτυγχάνουν μεγάλο βαθμό απόδοσης και υψηλές ταχύτητες περιστροφής. Επίσης πρέπει να στεγανοποιούνται τα ανοίγματα μεταξύ δρομέα και στροβίλου γιατί η διαρροή νερού επιφέρει μεγάλη απώλεια ισχύος και απαιτούνται μεγάλες παροχές νερού. Οι υδροστροβίλοι Francis, Kaplan οι βολβοειδής και οι υδροστροβίλοι αξονικής ροής ανήκουν στους υδροστροβίλους αντίδρασης.

Η ροή του νερού είναι παράλληλη με τον άξονα του στροβίλου και η γωνία κλίσης των πτερυγίων δεν μεταβάλλεται στους υδροστροβίλους αξονικής ροής. Στον υδροστροβίλο αξονικής ροής ο βαθμός απόδοσης φτάνει το 50% ,όταν πέφτει η τιμή της παροχής μειώνεται και ο βαθμός απόδοσης

Οι υδροστροβίλοι δράσης είναι μερικής προσβολής, ένα τμήμα της φτερωτής συμμετέχει στην μετατροπή ενέργειας κάθε χρονική στιγμή. Η στατική πίεση δεν αλλάζει μεταξύ εισόδου και εξόδου της φτερωτής και ο βαθμός αντίδρασης είναι ίσως με μηδέν.

Υδροστροβίλος Pelton

Εικόνα1.5:Υδροστροβίλος Pelton



Ο υδροστροβίλος PELTON ανήκει στην κατηγορία υδροστροβίλων και ο άξονας του στροφείου μπορεί να είναι οριζόντιος ή κατακόρυφος. Το στροφείο έχει στην περιφέρειά του σκαφίδια ή αλλιώς κουτάλια και κατασκευάζεται είτε ενιαίο, είτε με τα σκαφίδια ανεξάρτητα. Το τμήμα εισόδου του υδροστροβίλου PELTON αποτελείται από ένα ή περισσότερα ακροφύσια. Η ρύθμιση της παροχής γίνεται με την χρήση βελόνας, η οποία μετακινείται κατά τον άξονα του ακροφυσίου μέσω υδραυλικού συστήματος. Για την περίπτωση γρήγορης απόρριψης του φορτίου μετά την διατομή εξόδου του ακροφυσίου υπάρχει όνυχας εκτροπής της δέσμης. Ο αγωγός προσαγωγής των υδροστροβίλων PELTON έχει μεγάλο μήκος λόγω του μεγάλου ύψους πτώσης. Εφαρμόζεται για ύψη πτώσης νερού από 50 μέχρι 1300 μέτρα και ποσότητες νερού από 0,01 μέχρι 5 m³/s και κατασκευάζονται για μικρές μέχρι πολύ μεγάλες ισχύς.

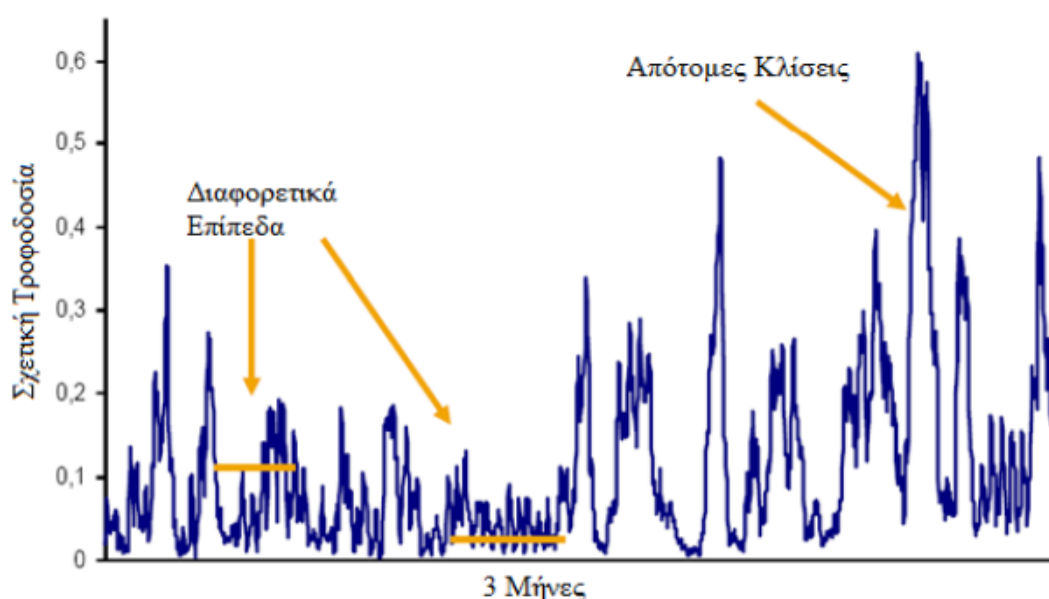
Κεφάλαιο 2

2.1 Ανάγκη Αποθήκευσης Ενέργειας

Σε ένα υβριδικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας όπου για την λειτουργία του χρησιμοποιείται ως μονάδα βάσης ένα αιολικό πάρκο, πρωταρχικό μέλημα είναι να ανταπεξέλθει στις ανάγκες ζήτησης του δικτύου και στην συνέχεια εφόσον υπάρχει περίσσεια ενέργεια από την εξυπηρέτηση, να την αποθηκεύσει σε μορφή υδροδυναμικής ενέργειας.

Ένα αιολικό πάρκο αποτελεί μονάδα μη εγγυημένης ισχύς με την έννοια ότι δεν παράγει ενέργεια ανάλογα με την ζήτηση του δικτύου όπως συμβαίνει σε ένα θερμοηλεκτρικό σταθμό, αλλά η παραγωγή ενέργειας στηρίζεται στην ένταση του αιολικού δυναμικού της περιοχής.

Υπάρχουν έντονες χρονικά διακυμάνσεις παραγωγής ενέργειας από ένα αιολικό πάρκο και αυτό οφείλεται στην δύναμη του αέρα που αλλάζει τόσο ένταση όσο και κατεύθυνση με αποτέλεσμα να μην αποτελεί μια ασφαλή λύση η οποία μπορεί να σταθεί μόνη της στις ανάγκες ζήτησης ισχύος των καταναλωτών. Κατά την χρονική διάρκεια λειτουργίας ενός αιολικού πάρκου η παραγωγή του μπορεί να ικανοποιεί την ζήτηση ισχύος και η περίσσεια ισχύς να μην εκμεταλλεύεται αν δεν αποθηκευτεί. Οι έντονες χρονικά διακυμάνσεις παραγωγής ενέργειας από ένα αιολικό πάρκο επιβεβαιώνονται στην παρακάτω εικόνα:

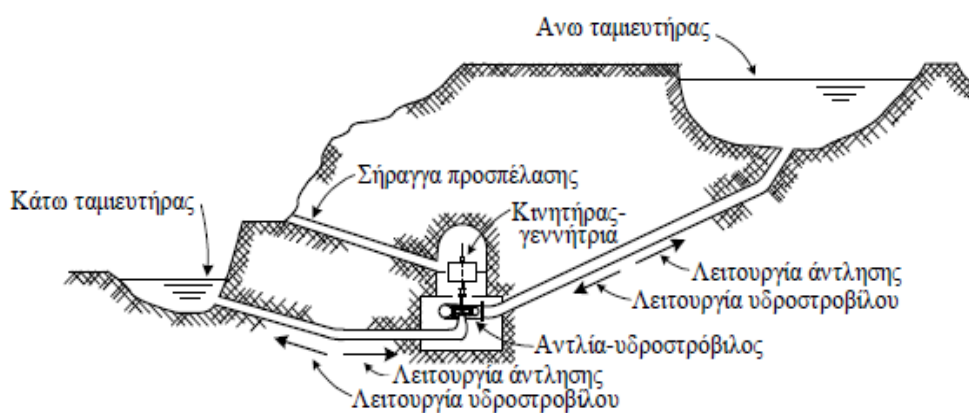


Διάγραμμα 2.1: Παραγωγή αιολικής ενέργειας στην μονάδα του χρόνου.

Σύμφωνα με τα παραπάνω η ανάγκη αποθήκευσης ενέργειας από ένα αιολικό πάρκο γίνεται επιτακτική με σκοπό να μην απορρίπτεται η περίσσεια ενέργεια παραγωγής. Εφόσον αποθηκευτεί το πλεόνασμα ενέργειας που προκύπτει από την εξυπηρέτηση ζήτησης ισχύος τότε μπορεί να διατεθεί τον χρόνο που το αιολικό δυναμικό δεν επαρκεί για την κάλυψη των αναγκών ζήτησης ισχύος των καταναλωτών επίσης η αποθηκευμένη ενέργεια μπορεί να προστίθεται και για την κάλυψη περιόδων αιχμών σε ένα δίκτυο. Επιπρόσθετα στις χρονικές περιόδους υψηλού φορτίου (υψηλού φορτίου) και ιδιαίτερα στις αιχμές του φορτίου είναι ιδιαίτερα επιθυμητή στον διαχειριστή ενός δικτύου η διαθεσιμότητα μεγάλης ισχύος σε σύντομο χρονικό διάστημα.

2.2 Αποθήκευση σε Υδραυλικό Ταμιευτήρα

Με την άντληση του νερού που γίνεται μεταξύ δύο ταμιευτήρων που έχουν υψομετρική διαφορά ίση με h επιτυγχάνεται η αποθήκευση υδραυλικής ενέργειας. Η πλεονάζουσα ενέργεια που προκύπτει από την εξυπηρέτηση της ζήτησης του δικτύου διατίθεται με σκοπό να αποθηκευτεί. Η αποθήκευση αυτή επιτυγχάνεται μέσω αντλιών που τροφοδοτούνται με την πλεονάζουσα ενέργεια καθώς διοχετεύεται το νερό από τον κάτω στον άνω ταμιευτήρα. Έτσι έχουμε την μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε υδραυλική όπου προσδίδεται στο δίκτυο όταν απαιτηθεί αφήνοντας τον νερό να κυλίσει με φυσική ροή μέσω αγωγών προς τους υδροστροβίλους που είναι εγκατεστημένοι στον κάτω ταμιευτήρα. Η παραπάνω περιγραφή αναφέρει ένα κύκλο αποθήκευσης ενέργειας σε υδραυλικό ταμιευτήρα.



Εικόνα2.2:Σκαρίφημα υδροηλεκτρικού έργου

Η γρήγορη παραλαβή και αποθήκευση φορτίου είναι χαρακτηριστικό των υδροηλεκτρικών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα καθώς ο διαχειριστής του δικτύου έχει στα χέρια του μια λύση η οποία εξασφαλίζει την κάλυψη των αιχμών φορτίου που παρουσιάζονται. Σήμερα τα αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά που λειτουργούν βρίσκονται σε όλο τον κόσμο με ισχύ 140.000 MW. Στην Ευρώπη, λατινική Αμερική και Ασία η ισχύς ανέρχεται στα 100.000 MW, 19.000 MW στις ΗΠΑ, 21.000 MW στην Ιαπωνία. Στην χώρα μας σε λειτουργία έχουν τεθεί 2 αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά έργα τα οποία βρίσκονται στην Σφηκία στον ποταμό Αλιάκμονα από το 1985 με 3 αναστρέψιμες μονάδες $3 \times 105 = 315$ MW και του Θησαυρού στον ποταμό Νέστο από το 1998 με 3 αναστρέψιμες μονάδες ισχύος $3 \times 127 = 381$ MW, διαθέσιμη υδραυλική πτώση $H=154$ m και ταμιευτήρα χωρητικότητας 565.106 m^3 .

2.3 Κύρια Χαρακτηριστικά των Αναστρέψιμων ΥΗΕ

Η υδραυλική ισχύς N_h δίνεται από το γινόμενο: $N_h = (\rho g) \cdot h \cdot Q$ στην οποία συμβολίζονται:

με $g=9,81 \text{ m/sec}^2$ η επιτάχυνση της βαρύτητας

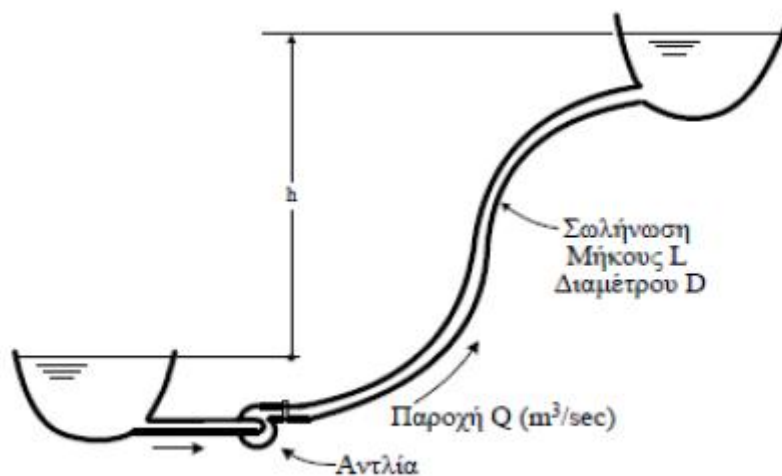
- με ρ η πυκνότητα του νερού ($\rho=1000 \text{ Kg/m}^3$)
- με Q σε m^3/sec η διακινούμενη παροχή νερού και
- με h σε m η υψομετρική διαφορά μεταξύ κάτω και άνω ταμιευτήρα.

Ο ρόλος της υψομετρικής διαφοράς h μεταξύ του πάνω και κάτω ταμιευτήρα γίνεται πολύ σημαντικός: Για την αποθήκευση ισχύος N επί κάποιο χρονικό διάστημα Δt και ενέργειας: $E=N \cdot \Delta t$. Όσο η υψομετρική διαφορά αυξάνεται επιτυγχάνεται αύξηση της ενέργειας με μικρότερη παροχή νερού.

Όσο αυξάνεται η υψομετρική διαφορά h μειώνεται η παροχή, όπου αυτό συνεπάγεται με την μείωση του κόστους: των αντλιών, της σωλήνωσης (μικρότερη διάμετρος), του ταμιευτήρα λόγω της μικρότερης χωρητικότητας που απαιτείται για την αποθήκευση της ίδιας ποσότητας ενέργειας. Όταν η υδραυλική πτώση είναι υψηλότερη των 150-200 m τα αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά έργα θεωρούνται οικονομολογικά αποδοτικά.

2.4 Φάση της Άντλησης

Οι απώλειες θα πρέπει να υπερνικηθούν κατά την άντληση του νερού από την κάτω δεξαμενή στην άνω οι οποίες απώλειες οφείλονται λόγω υδραυλικών απωλειών και του μανομετρικού ύψους h . Η ενέργεια H του νερού, την οποία πρέπει να δώσει η αντλία, είναι ίση προς: $H=h+\delta hf$, με δh συμβολίζονται οι υδραυλικές απώλειες που δημιουργούνται στην σωλήνωση που συνδέει τον κάτω με τον άνω ταμιευτήρα. Η ισχύς: $\delta Nf=(\rho g) \cdot \delta hf \cdot Q$ περιλαμβάνουν την απώλεια ισχύος που συνεπάγεται με την ισχύ που χάνεται στις υδραυλικές απώλειες της σωλήνωσης.



Εικόνα2.3:Παράδειγμα αντλησιοταμίευσης

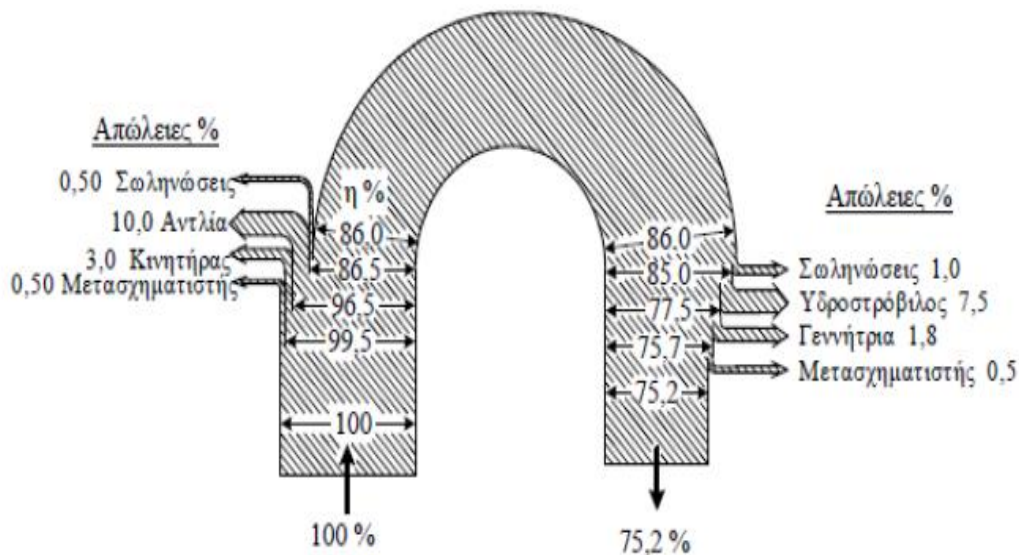
Ο συνολικός βαθμός απόδοσης προκύπτει ύστερα από τις απώλειες του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού είναι $\eta=\eta_P \cdot \eta_M \cdot \eta_{Tr}$ (αντλία, ηλεκτροκινητήρας, μετασχηματιστές). Η ηλεκτρική ισχύς N μπορεί μέσω της άντλησης να μετατραπεί σε υδραυλική ισχύ Nh , επίσης ισχύει ότι $Nh < N$ γιατί η διαφορά $(N-Nh)$ οφείλεται στις απώλειες που δημιουργούνται και οφείλονται σε ενέργεια που δεν αποθηκεύεται

2.5 Φάση Επαναπρόσδοσης της Υδραυλικής Ενέργειας

Η κατεύθυνση της ενέργειας και της ροής του νερού είναι αντίθετη κατά την συγκεκριμένη φάση. Ο υδροστρόβιλος και η ηλεκτρική γεννήτρια που στρέφεται

επιτυγχάνουν την φάση επαναπρόσδοσης υδραυλικής ενέργειας στο δίκτυο. Η ενέργεια στον υδροστρόβιλο για να την μετατρέψει σε μηχανική και στην συνέχεια σε ηλεκτρική ενέργεια είναι ίση προς: $H=h-\delta hf$ όπου με δh συμβολίζονται οι υδραυλικές απώλειες που δημιουργούνται στην σωλήνωση που συνδέει τον κάτω με τον άνω ταμιευτήρα. Η ισχύς: $\delta Nf=(\rho g) \cdot \delta hf \cdot Q$.

Σε ένα πλήρη κύκλο, και ανάλογα με τον εξοπλισμό (αντλίες, υδροστρόβιλοι κλπ) ο ολικός βαθμός απόδοσης είναι της τάξεως του 65-80% (το υπόλοιπο 35-20% της ενέργειας χάνεται σε απώλειες).



Εικόνα2.4:Απώλειες ενέργειας κατά την ροή

2.6 Αποτελεσματικότητα της Άντλησης στην Αποθήκευση Ενέργειας

Σύμφωνα με τα παραπάνω η υδραυλική ενέργεια 1 m^3 μεταξύ δύο ταμιευτήρων με υψομετρική διαφορά H (m) προκύπτει ίση προς:

$$1 \text{ m}^3 \rightarrow \frac{9,81}{3.600} H \text{ kWh}$$

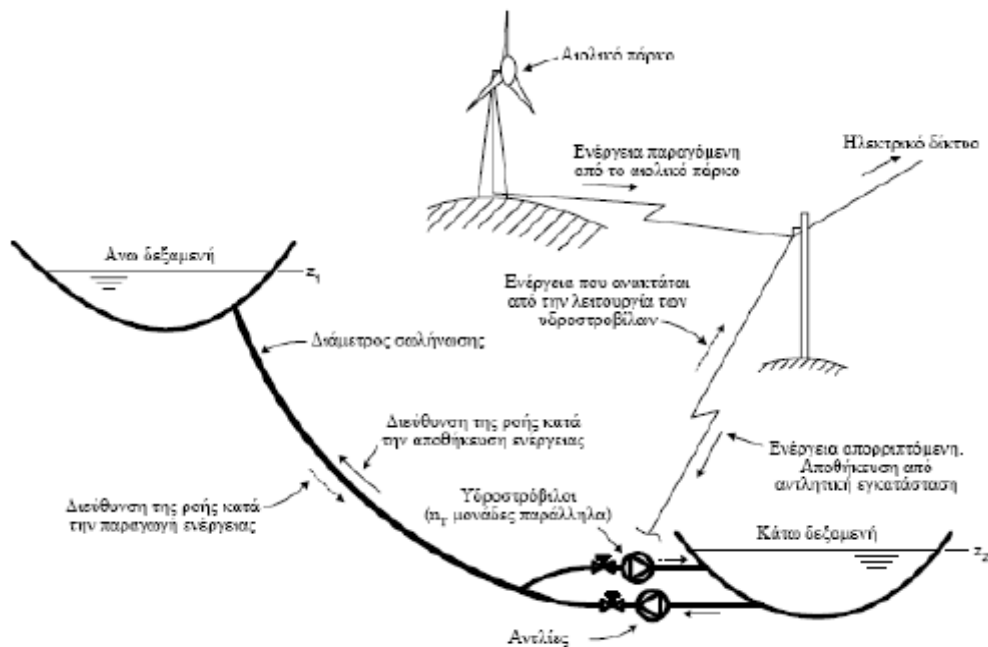
Κατά την φάση της άντλησης, για την ανύψωση 1 m^3 μεταξύ δύο ταμιευτήρων με υψομετρική διαφορά H (m) απορροφάται ενέργεια:

$$1m^3 \rightarrow \frac{9,81}{3.600 * \eta_p} H \text{ kWh}$$

Συμβολίζοντας με η_p τον ολικό βαθμό απόδοσης της άντλησης.

2.7 Εφαρμογή της Αντλησιοταμίευσης σε Υβριδικό Σύστημα

Η διείσδυση ενός αιολικού πάρκου περιορίζεται στο 30% της ζήτησης του δικτύου για λόγους ευστάθειας λόγω των διακυμάνσεων που παρουσιάζει η ταχύτητα ανέμου.



Εικόνα2.5: Σκαρίφημα Αιολικού Πάρκου με Αντλησιοταμίευση

Η αύξηση της διείσδυσης ενός αιολικού πάρκου σε ένα μη διασυνδεδεμένο ηλεκτρικό σύστημα μπορεί να γίνει εάν η ισχύς του αιολικού πάρκου που δεν διεισδύει αποθηκευτεί με την μορφή υδροδυναμικής ενέργειας μέσω της αντλησιοταμίευσης. Οι υβριδικοί σταθμοί συνδυάζουν αιολικό πάρκο με την αντλησιοταμίευση πιο συγκεκριμένα υπάρχει ενδιαφέρον για 2 μονάδες στην Κρήτη ισχύος 100 και 50 MW στην Λέσβο για μονάδα 12 MW, στο σύστημα της Παροναξίας για μονάδα 8 MW, στην Ικαρία είναι υπό κατασκευή από την ΔΕΗ

υβριδική ισχύος 3 MW περίπου. Υπάρχουν αρκετοί παράμετροι οι οποίοι πρέπει να ληφθούν υπόψη με σκοπό την βέλτιστη διαστασιολόγηση ενός υβριδικού σταθμού.

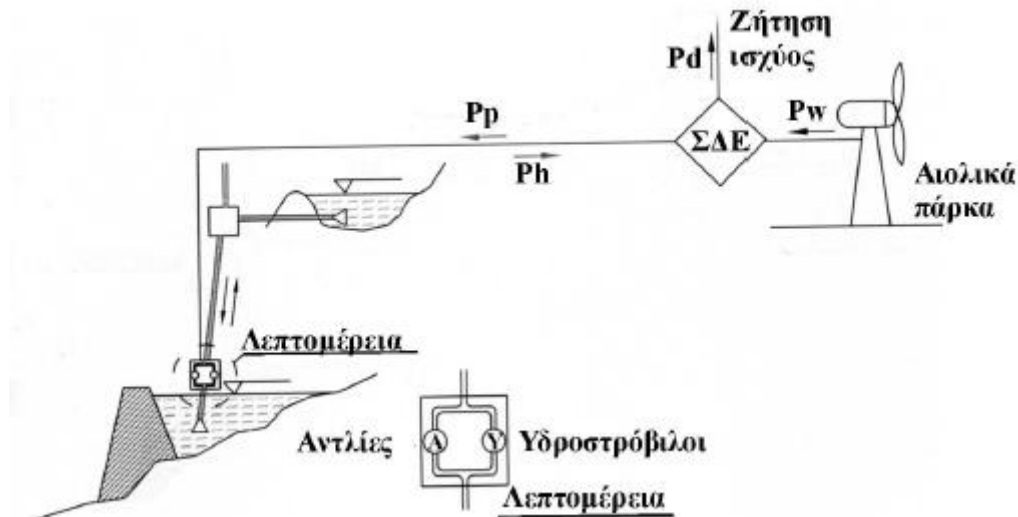
2.8 Τρόπος λειτουργίας

Αναστρέψιμων ΥΗΕ Αποτελούμενο από Αιολικό Πάρκο , Υδροστρόβιλους και Αφαλάτωση

(Α περίπτωση)! Η παραγωγή ισχύος του αιολικού πάρκου που συμβολίζεται με P_w είναι μεγαλύτερη από την ζήτηση του δικτύου P_d ισχύει δηλαδή ότι $P_w > P_d$ τότε στο δίκτυο θα διεισδύσει το 30% της ζήτησης και η περίσσεια ισχύς θα τροφοδοτεί το αντλιοστάσιο του συστήματος ίση με $P_p = P_w - P_d$ εφόσον το επιτρέπει την δεδομένη στιγμή η μέγιστη χωρητικότητα της δεξαμενής ώστε να μην υπερχειλίσει το νερό μέσω του ελεγκτή υψηλής στάθμης. Το αντλιοστάσιο θα διοχετεύει νερό από την κάτω δεξαμενή στην άνω με σκοπό να αποθηκευτεί υδροδυναμική ενέργεια. Εάν η χωρητικότητα της δεξαμενής δεν επιτρέπει να αποθηκευτεί υδροδυναμική ενέργεια την δεδομένη χρονική στιγμή τότε η περίσσεια ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να αξιοποιηθεί για την παραγωγή αφαλατωμένου νερού.

(Β περίπτωση)! Η ηλεκτρική ισχύς του αιολικού πάρκου P_w είναι μικρότερη από την ζήτηση ισχύος P_d δηλαδή $P_w < P_d$ και ισχύει $P_w < 0,30(\text{ποσοστό διείσδυσης}) * P_d$ τότε όλη αιολική ισχύς διεισδύει στο δίκτυο και οι υδροστρόβιλοι παράγουν συμπληρωματική ισχύ $P_h = P_d - P_w$ με σκοπό να εξυπηρετηθεί η ζήτηση του δικτύου εφόσον το επιτρέπει η αποθηκευμένη υδροδυναμική ενέργεια. Εάν στην άνω δεξαμενή δεν περιέχεται αρκετό νερό ώστε οι υδροστρόβιλοι να εξυπηρετήσουν την συμπληρωματική ισχύ που απαιτεί το δίκτυο τότε τίθενται σε λειτουργία οι θερμοηλεκτρικές μονάδες.

Σε ένα υβριδικό σταθμό οι θερμοηλεκτρικές μονάδες έχουν εφεδρικό χαρακτήρα. Η εισαγωγή των Α.Π.Ε. στην κάλυψη των ετήσιων αναγκών του συστήματος σε ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να φτάσει σε ποσοστά της τάξης του 80 – 100%.



Σχήμα 2.6 : Συνδυασμός αναστρέψιμου υδροηλεκτρικό και αιολικού πάρκου

2.9 Το Υβριδικό σύστημα στα κανάρια νησιά

Στο Ελ Ιέρο, το πιο νοτιοδυτικό απ' τα Κανάρια νησιά, έκτασης 278 km², ζουν περίπου 10,5 χιλ. άνθρωποι. Η ηλεκτροδότησή τους το 2005 χρειαζόταν 35GWh και γινόταν με πετρελαϊκό σταθμό, ισχύος 10,1MW, που ήδη είναι 11,36MW. Η ζήτηση είχε ετήσια αύξηση 7-8% και αναμένεται να προσεγγίσει τις 48GWh το 2015. Το φορτίο αιχμής ήταν 7,5MW και η ελάχιστη ζήτηση 3MW. Η παραγωγή με πετρέλαιο είχε κόστος (€0,242/kWh) και χρησιμοποιώντας ως μονάδα βάσης ένα αιολικό πάρκο αποφάσισαν να κάνουν ένα υβριδικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Το υδροηλεκτρικό έργο άντλησης-ταμίευσης θα αποθηκεύει την περίσσεια αιολικής ενέργειας, αντλώντας νερό σε ύψος 700 m. Το νερό θα απελευθερώνεται παράγοντας έως και 11,3 MW ηλεκτρικής ενέργειας και θα αντλείται από τη κάτω στην πάνω δεξαμενή όταν υπάρχει πλεονάζουσα αιολική ενέργεια. Το σύστημα αυτό αναμένεται να καλύπτει το 80% των ενεργειακών αναγκών του νησιού, ενώ το υπόλοιπο 20% θα καλύπτεται από φωτοβολταϊκά, καθιστώντας έτσι το νησί ενεργειακά ανεξάρτητο από συμβατικές μορφές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι ντηζελογεννήτριες θα συνεχίσουν την λειτουργία τους καλύπτοντας το υπολειπόμενο φορτίο ζήτησης σε περίπτωση αδυναμίας κάλυψης τον υβριδικό σταθμό.

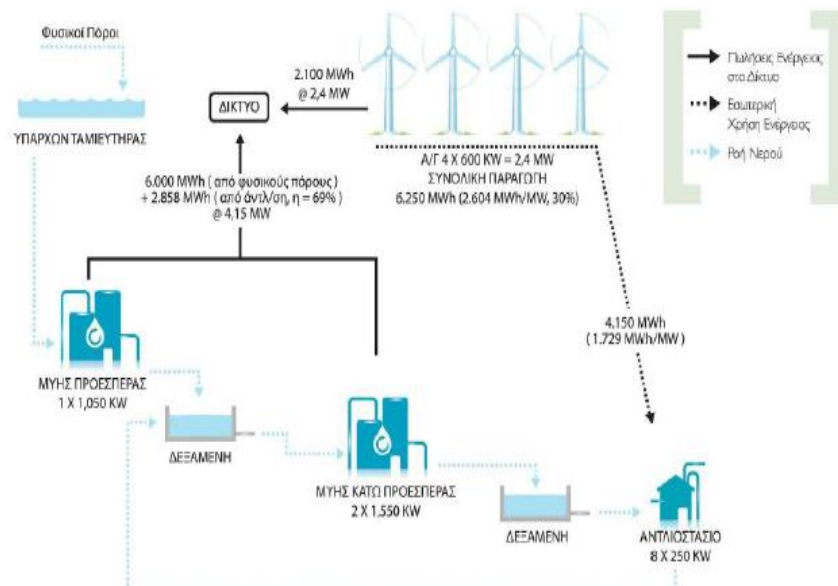


Εικόνα2.7: Χαρτογραφημένη διάταξη του υβριδικού σταθμού

2.10 Το Υπό Κατασκευή Έργο στην Ικαρία

Ο υβριδικός σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ικαρία αποτελεί έργο της Δ.Ε.Η. το οποίο είναι υπό κατασκευή και περιλαμβάνει:

- Έναν ταμιευτήρα στη θέση Πέζι Ραχών (900.000 m^3).
- Δύο τεχνητές λιμνοδεξαμενές, που θα γεμίζουν από την υπερχειλίση του ταμιευτήρα στο Πεζί Ραχών, με εκμεταλλεύσιμο όγκο περίπου 80.000 m^3 έκαστη, για λόγους αντλησιοταμίευσης. Οι δύο αυτές δεξαμενές αντλησιοταμίευσης συνδέονται μέσω διπλού αγωγού, ώστε να είναι δυνατή η επαναπρόσδοση της υδραυλικής ενέργειας και της άντλησης.
- Τον ΜΥΗΣ Προεσπéρας με έναν υδροστρόβιλο ισχύος 1.05 MW , που θα αξιοποιεί μόνο την περίσσεια νερών του ταμιευτήρα Πεζίου (αφού πρώτα ικανοποιηθούν οι υποχρεώσεις για ύδρευση και τον ΜΥΗΣ Κάτω Προεσπéρας με δύο υδροστρόβιλους ισχύος $2 \times 1.55 \text{ MW} = 3.1$
- Το αντλιοστάσιο του ΥΒΣ θα εγκατασταθεί στην Κάτω Προεσπéρα και θα αποτελείται από αντλίες ισχύος $8 \times 250 = 2000 \text{ kW}$
- Ένα αιολικό πάρκο τεσσάρων ανεμογεννητριών ισχύος $4 \times 0.6 = 2.4 \text{ MW}$.



Εικόνα2.8: Διάγραμμα και χαρακτηριστικά του έργου

Η λειτουργία του ρυθμίζεται από ένα λογισμικό, θα ελέγχει και θα ρυθμίζει όλες τις πηγές ενέργειας του νησιού.

2.11 Το Υβριδικό Σύστημα στην Ιαπωνία

Η κατασκευή του έργου ξεκίνησε το 1991 και ολοκληρώθηκε το 1999. Τον πρώτο υβριδικό σταθμό που χρησιμοποιεί θαλασσινό νερό αποτελεί ο υβριδικός σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ιαπωνία, έχει κατασκευαστεί στο χωριό Kunigami, στην περιφέρεια της Okinawa της Ιαπωνίας.



Εικόνα2.9: Αεροφωτογραφία του έργου. Διακρίνεται η υδροληψία, ο άνω ταμιευτήρας και οι οδοί προσπέλασης.

Το συγκεκριμένο έργο χρησιμοποιεί ως μονάδα βάσης θερμοηλεκτρικές μονάδες οι οποίες τροφοδοτούν το αντλιοστάσιο τις ώρες που έχει χαμηλή ζήτηση ισχύος το δίκτυο και έτσι ο αντλιοσταμειυτήρας αποθηκεύει υδροδυναμική ενέργεια. Τις ώρες υψηλής ζήτησης προσδίδεται στο δίκτυο η αποθηκευμένη ενέργεια του αντλιοσταμειυτήρα μέσω των υδροστρόβιλων.

Το αντλιοστάσιο τις ώρες με χαμηλή ζήτηση τροφοδοτείται από τις θερμοηλεκτρικές μονάδες που χρησιμοποιούνται ως μονάδες βάσεις και με αυτό τον τρόπο αποθηκεύεται υδροδυναμική ενέργεια στον ταμειυτήρα με μέγιστη χωρητικότητα 590.000 m³ ενώ ο ωφέλιμος όγκος του είναι 564.000 m³. Ο ταμειυτήρας βρίσκεται σε υψόμετρο 150 μέτρων με μέγιστη διάμετρο 252 μέτρα και μέγιστο βάθος 22,8 μέτρα. Η αναστρέψιμη μονάδα είναι ισχύος 30MW και η άντληση του νερού γίνεται από την θάλασσα. Ο αγωγός προσαγωγής-κατάθλιψης (penstock) έχει μήκος 314 μέτρα και εσωτερική διάμετρο 2,4 μέτρα είναι κατασκευασμένος από FRP (fiberglass reinforced plastic pipe).

2.12 Τα Οφέλη από την Εισαγωγή Αναστρέψιμων ΥΗΕ στην Ελλάδα

Το καλό αιολικό δυναμικό σε συνάρτηση με άλλες παραμέτρους, δημιουργούν προϋποθέσεις για την εισαγωγή των Αναστρέψιμων υδροηλεκτρικών έργων σε νησιά όπως είναι και η ΣΥΜΗ. Τα οφέλη από την εισαγωγή των αναστρέψιμων υδροηλεκτρικών στην Ελλάδα είναι τα ακόλουθα:

1. Τόνωση της τοπικής οικονομίας κατά την φάση αποπεράτωσης του έργου και κατά την φάση λειτουργίας.
2. Μείωση του κόστους παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας και τόνωση της εθνικής οικονομίας από την απεξάρτηση της χώρας από τα ορυκτά καύσιμα.
3. Οι πρωτογενείς μορφές ενέργειας αξιοποιούνται και συμβάλλουν στην μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.
4. Συνεισφορά στην επίτευξη των στόχων του Κυότο σε εθνικό επίπεδο και τόνωση της εθνικής οικονομίας από την μη καταβολή κόστους εκπομπής ρύπων.

5. Περιβαλλοντική ανακούφιση του νησιού.
6. Αξιοποίηση της απορριπτόμενης αιολικής ενέργειας του υβριδικού σταθμού μέσω της παραγωγής γλυκού νερού από αφαλάτωση.
7. Αναβάθμιση του νησιού από την δημιουργία νέων δικτύων ύδρευσης ,ηλεκτρισμού και ενίσχυση της τοπικής οικονομίας μέσω νέων θέσεων εργασίας, καταβολή δημοτικών τελών.

2.13 Νομοθετική Διάταξη Σχετικά με τα Αναστρέψιμα ΥΗΕ και Τρόπος Λειτουργίας

Υβριδικός λέγεται κάθε σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που ([N.3468/2006,ΦΕΚ.Α'129, αρθ.2, §25](#)) :

- α)Χρησιμοποιεί μία τουλάχιστον μορφή ΑΠΕ.
- β) Η συνολική ενέργεια που απορροφά από το Δίκτυο σε ετήσια βάση, δεν υπερβαίνει το 30% της συνολικής ενέργειας που καταναλώνεται για την πλήρωση του συστήματος αποθήκευσης του σταθμού αυτού.
- γ) Η μέγιστη ισχύς παραγωγής των μονάδων του σταθμού ΑΠΕ δεν μπορεί να υπερβαίνει την εγκατεστημένη ισχύ των μονάδων αποθήκευσης του σταθμού αυτού προσαυξημένη κατά 20%.

Η αίτηση για την χορήγηση άδειας ενός Υβριδικού σταθμού σε ένα Μη διασυνδεδεμένο νησί περιλαμβάνει την μελέτη όπου θα περιγράφεται ο τρόπος ένταξης και λειτουργίας του σταθμού στο ηλεκτρικό δίκτυο του νησιού σε ετήσια βάση, η υποχρέωση για εγγυημένη παροχή ισχύος, η αίτηση τιμολόγησης της παραγόμενης και της απορροφούμενης ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο. Για την εκπόνηση της μελέτης αυτής τα στοιχεία τα οποία είναι απαραίτητα, καθορίζονται από τη ΡΑΕ για κάθε μη Διασυνδεδεμένο Νησί.

Κεφάλαιο 3

3.1 Γεωγραφικά και Κλιματολογικά Στοιχεία Σύμης

Η Σύμη ανήκει διοικητικά στα Δωδεκάνησα γεωγραφικά τοποθετείται στις συντεταγμένες , μήκος 27 50 Α και πλάτος 36 37 Β. Είναι όγδοο σε μέγεθος νησί του συμπλέγματος των Δωδεκανήσων , έχει έκταση περίπου 58 km² με μέγιστο μήκος 11,8 km, μέγιστο πλάτος 10,5 km και μήκος ακτών 86 km. Γύρω της υπάρχουν νησίδες και βραχονησίδες . Η μεγαλύτερη νησίδα είναι η Νίμος και ακολουθεί η Σεσκλιά. Οι βραχονησίδες είναι το Αρτηκονήσι, το Κουλουντρό, το Τρόμπετο, ο Χονδρός, η Πλάτη, η Οξειά, οι διαβατές και ο Μαρμαράς. Η διαμόρφωση των ακτών της παρουσιάζει ένα πλήθος από ακρωτήρια, όρμους και λιμάνια. Τα λιμάνια του νησιού είναι ο Γυαλός στον όρμο της Σύμης, του Πεδιού στον ομώνυμο όρμο και του Πάνορμου ή Πανορμίτη, όπου βρίσκεται η μονή του Αρχαγγέλου Μιχαήλ. Η Σύμη αποτελείται από δύο βασικούς οικισμούς: το Γυαλό, που είναι και το λιμάνι και το Χωριό. Μικρότεροι οικισμοί είναι ο Νιμποριός, το Πέδι, η Μαραθούντα το Ξίσσος και ο Πανορμίτης.

Είναι ημιορεινή με υψηλότερη κορυφή ο όρος Βίγλα (617m) στο κεντρικό τμήμα του νησιού. Σε διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ αναπτύσσεται ένας ορειογραφικός άξονας, που χωρίζει το νησί σε δύο τμήματα. Οι λίγες πεδινές εκτάσεις βρίσκονται πλησίον των οικισμών και δεν ξεπερνούν το 7% της συνολική έκτασης του νησιού.

Οι κοιλάδες είναι εν γένει μικρού μήκους, έχουν απόκρημνες πλαγιές, στενό και αρκετά επικλινή πυθμένα χωρίς διεύρυνση και παράκτιες πεδιάδες.



Εικόνα3.1: Χάρτης Σύμης

Το κλίμα των Δωδεκανήσων είναι πιο ήπιο, θαλάσσιο μεσογειακό, με ήπιους χειμώνες και δροσερά καλοκαίρια. Κατά την χειμερινή εποχή οι θερμοκρασίες δεν είναι πολύ χαμηλές, η θερμοκρασία του αέρα σπανιότερα κατεβαίνει λίγο κάτω από το μηδέν. Κατά την θερμή εποχή, δεν επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες κυρίως εξαιτίας της μεγάλης συχνότητας των ετήσιων ανέμων (μελεμιών). Το ετήσιο θερμομετρικό εύρος είναι λίγο μεγαλύτερο από 10 βαθμούς κελσίου, στοιχείο χαρακτηριστικό του εύκρατου κλίματος που τείνει προς το θαλάσσιο. Οι μέσες ετήσιες θερμοκρασίες είναι ανώτερες από όλα τα άλλα νησιά του Αιγαίου και κυμαίνονται γύρω στους 19 βαθμούς κελσίου.

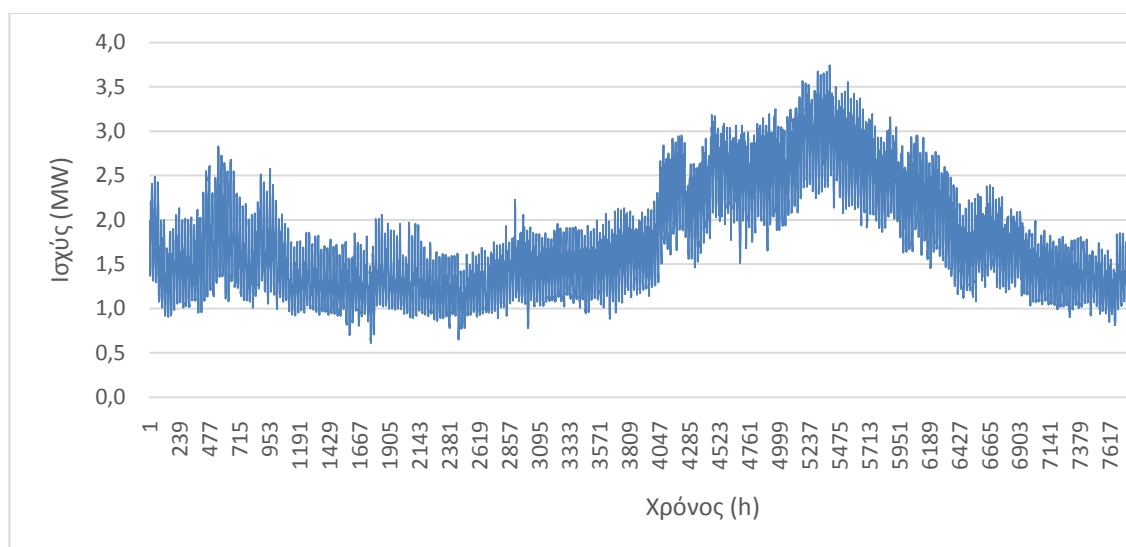
Τα Δωδεκάνησα έχουν την μεγαλύτερη ηλιοφάνεια από όλες τις περιοχές της Ελλάδας: οι αίθριες ημέρες του έτους υπερβαίνουν τις διακόσιες.

Τόσο κατά τις ψυχρές όσο και τις θερμές εποχές κυριαρχούν οι βόρειοι, βορειοδυτικοί και δυτικοί άνεμοι. Η μέση ετήσια βροχόπτωση κυμαίνεται ετησίως στα 700mm.

Ο πληθυσμός του νησιού σήμερα ανέρχεται στον 2456 κατοίκους.

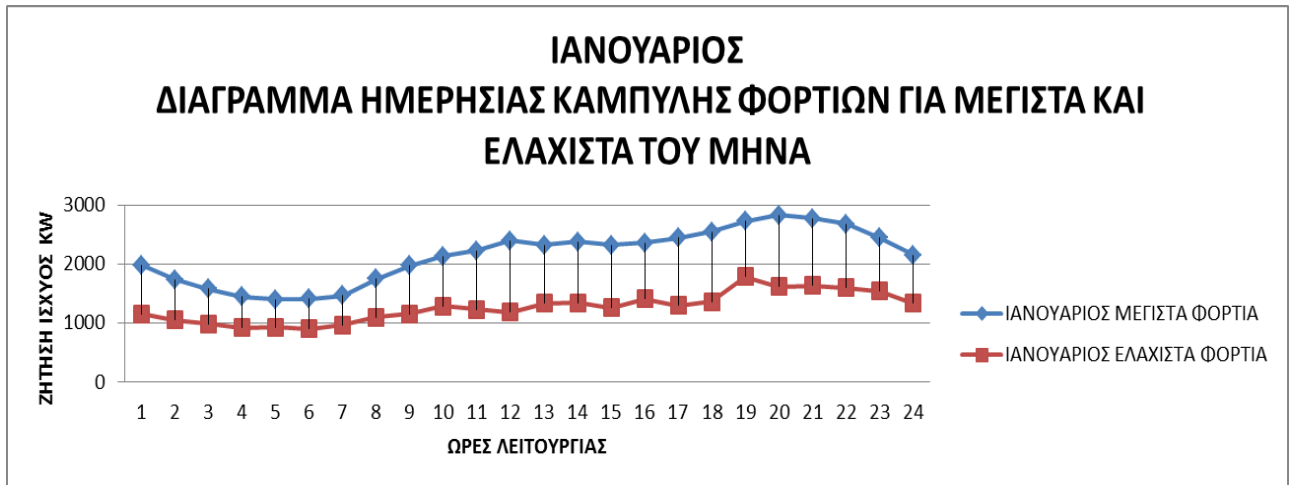
3.2 Μεγέθη Ζήτησης Ηλεκτρικής Ισχύος

Ακολουθεί διάγραμμα της ετήσιας ζήτησης ισχύος της Σύμης για το έτος 2016 .

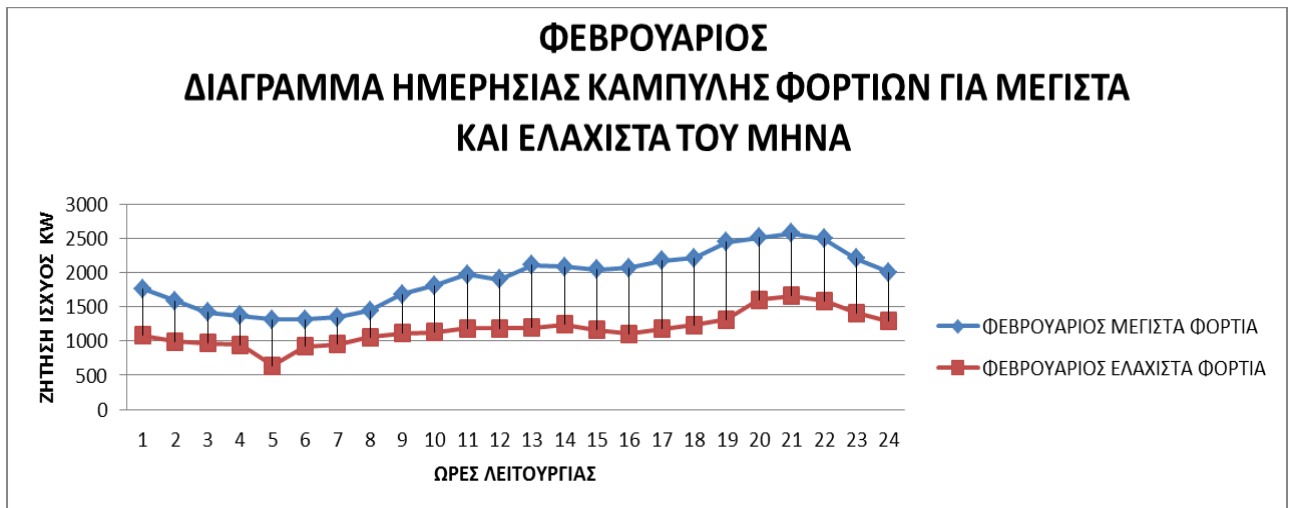


Διάγραμμα3.2: Ωριαία Ζήτηση ισχύος Σύμης όλο το έτος

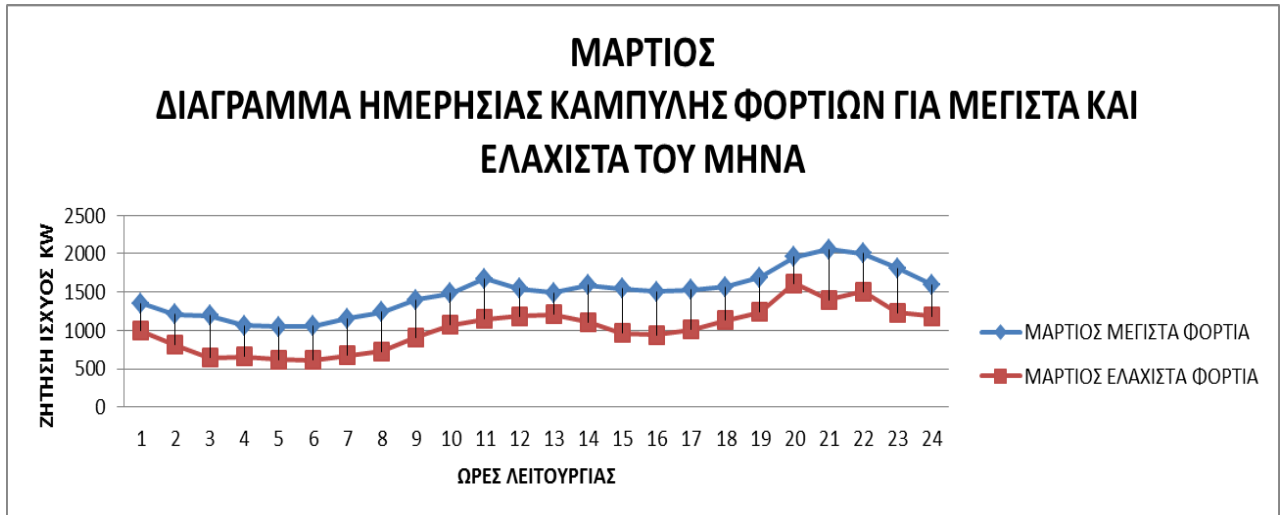
Ακολουθούν αναλυτικά διαγράμματα ημερήσια καμπύλης φορτίων για την ημέρα με την μέγιστη αιχμή και την ελάχιστη αιχμή για κάθε μήνα ξεχωριστά.



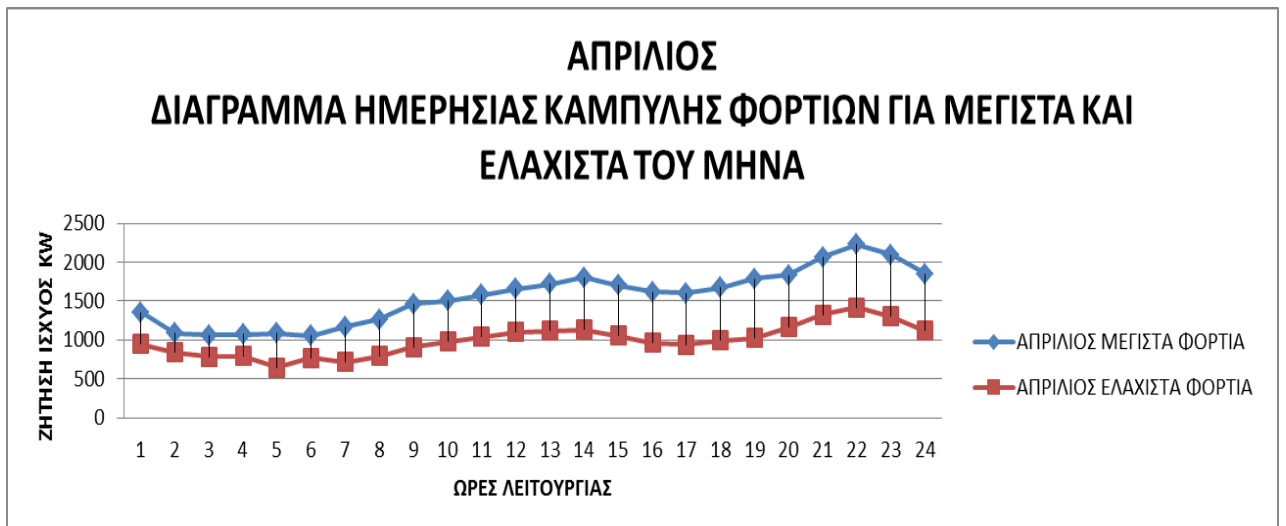
Διάγραμμα3.3: Ζήτηση ισχύος Σύμης



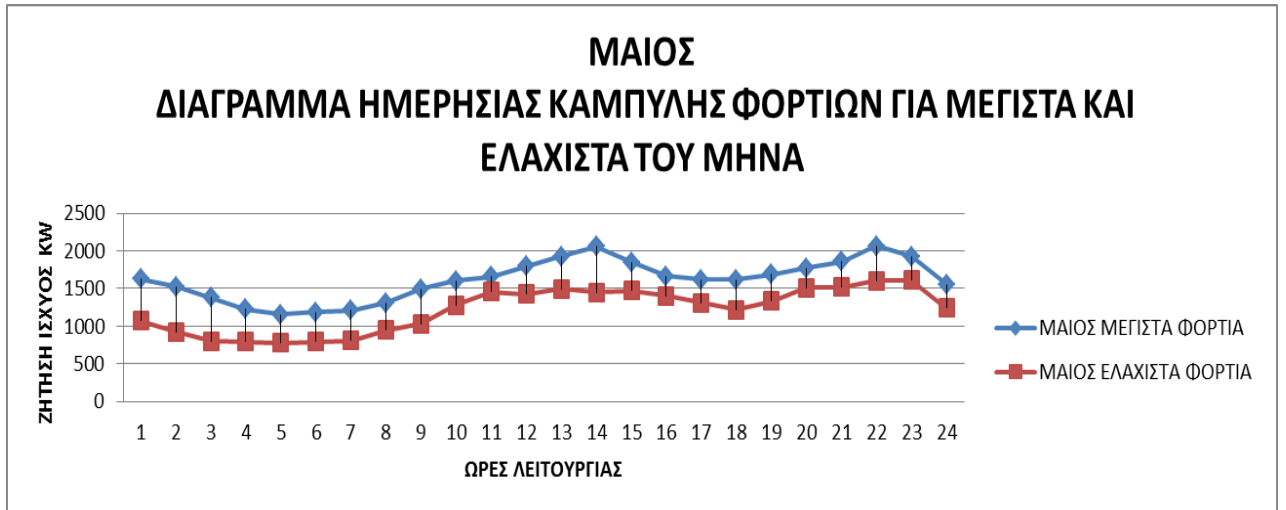
Διάγραμμα3.4: Ζήτηση ισχύος Σύμης



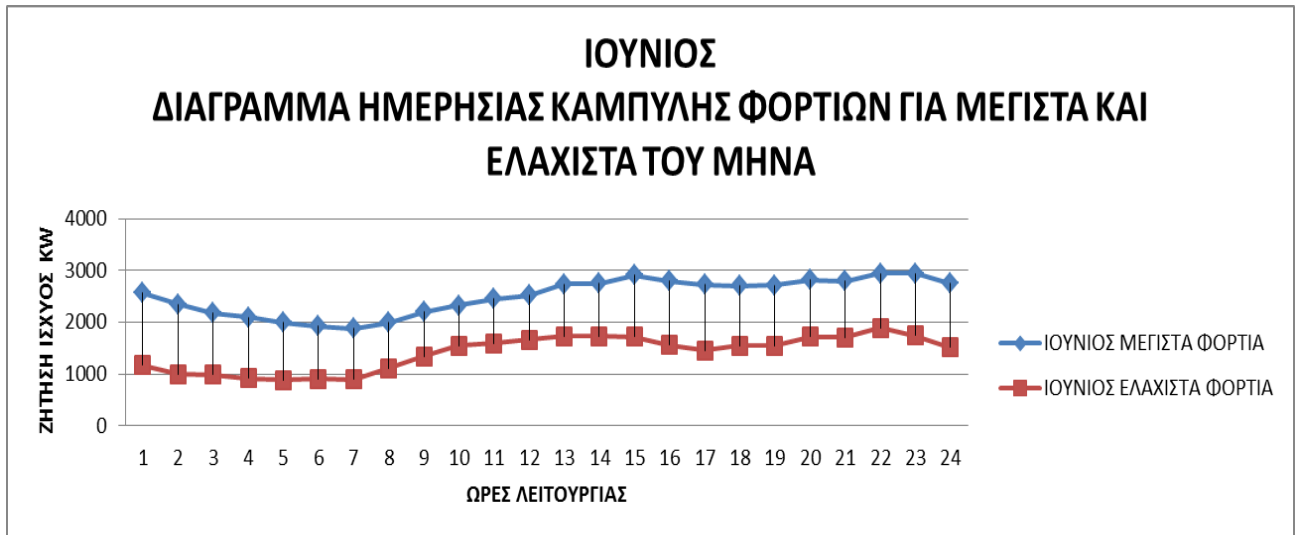
Διάγραμμα3.5: Ζήτηση ισχύος Σύμης



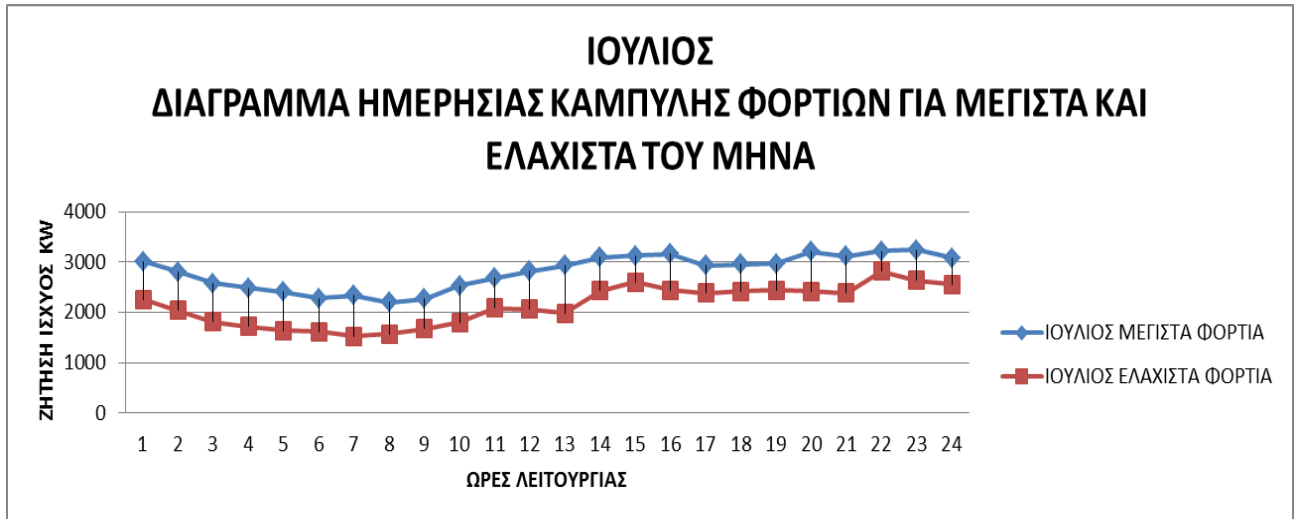
Διάγραμμα3.6: Ζήτηση ισχύος Σύμης



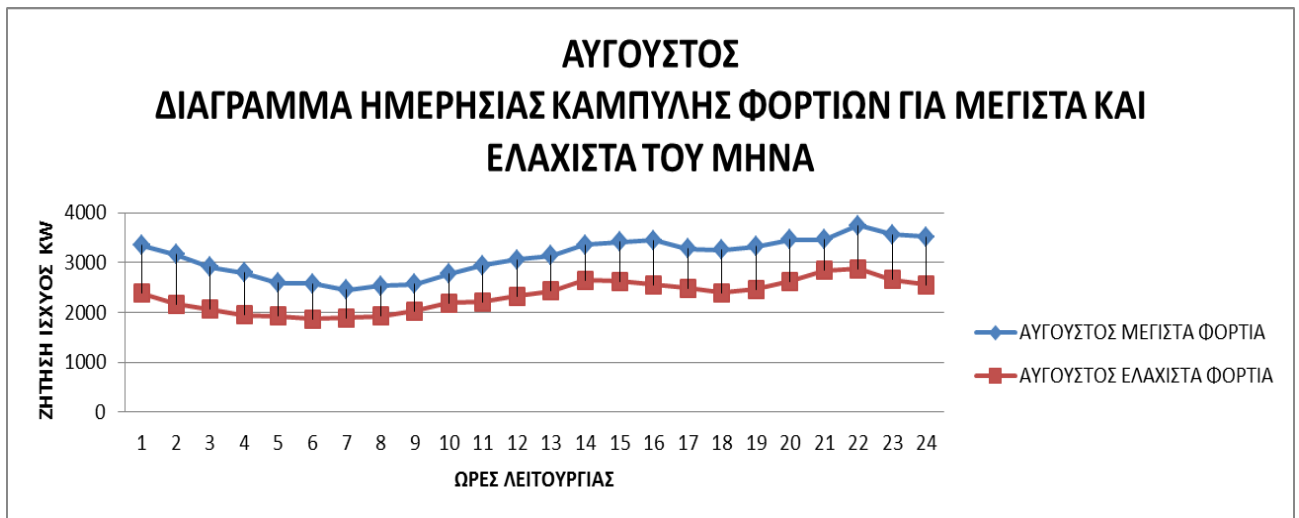
Διάγραμμα3.7: Ζήτηση ισχύος Σύμης



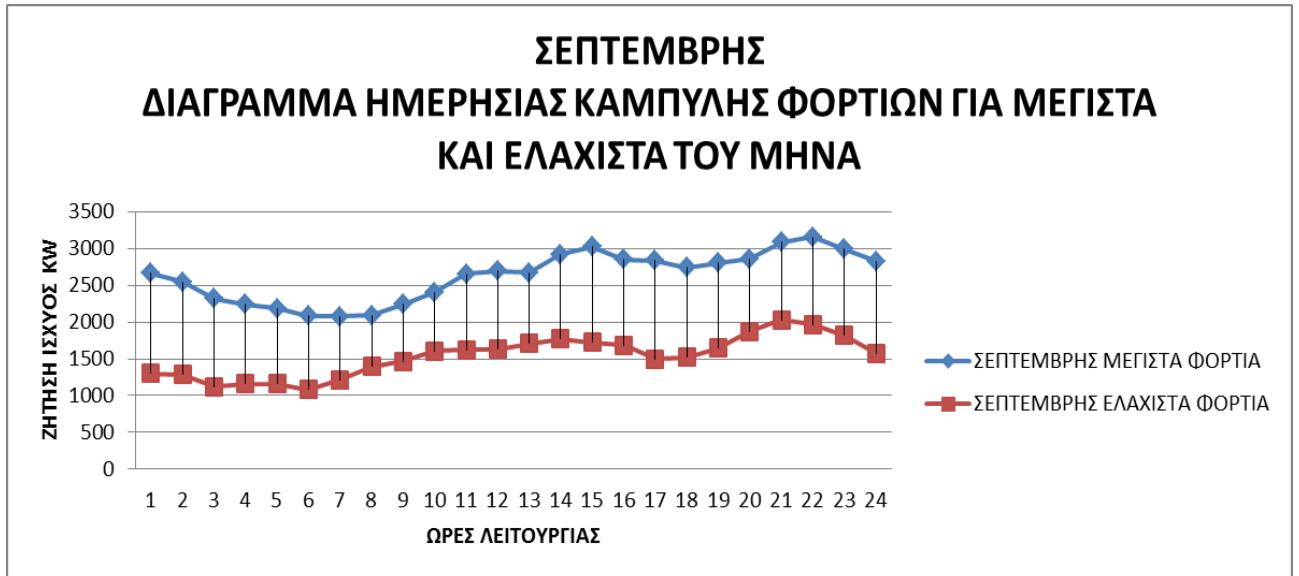
Διάγραμμα3.8: Ζήτηση ισχύος Σύμης



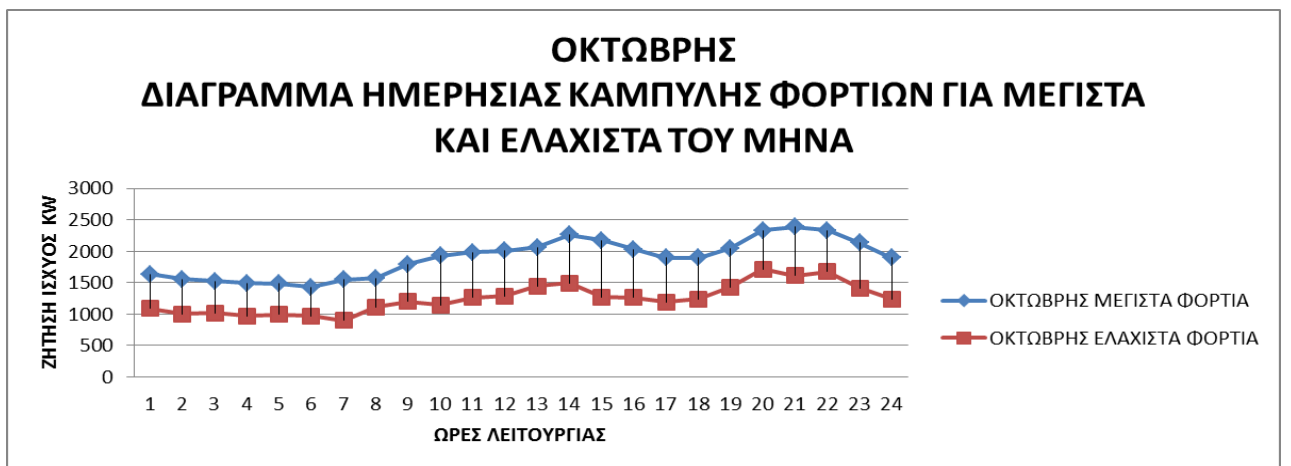
Διάγραμμα3.9: Ζήτηση ισχύος Σύμης



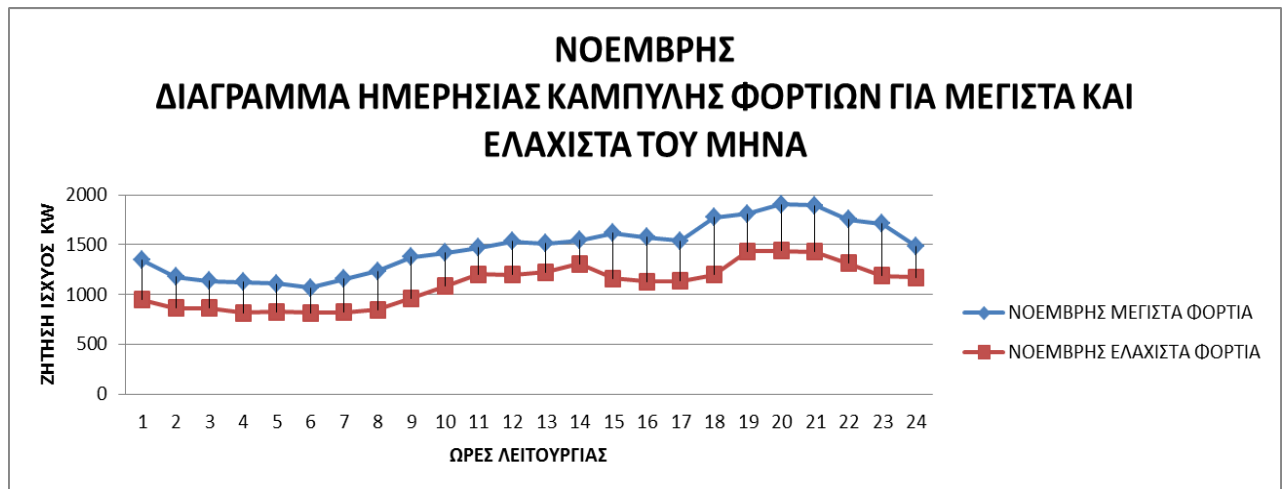
Διάγραμμα3.10: Ζήτηση ισχύος Σύμης



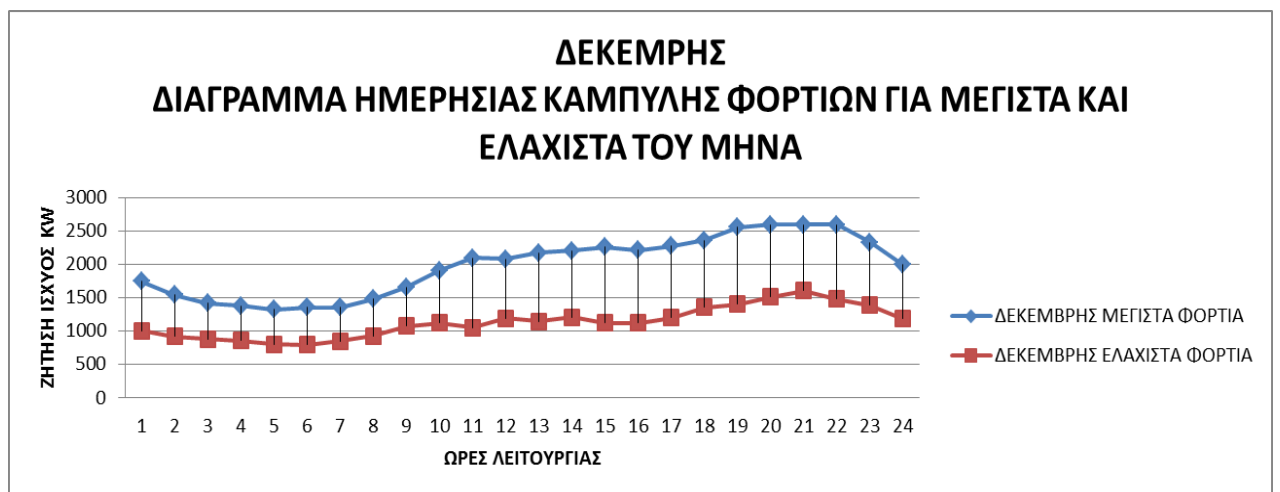
Διάγραμμα3.11: Ζήτηση ισχύος Σύμης



Διάγραμμα3.12: Ζήτηση ισχύος Σύμης



Διάγραμμα3.13: Ζήτηση ισχύος Σύμης



Διάγραμμα3.14: Ζήτηση ισχύος Σύμης

Κατά την περίοδο του χειμώνα, η ημερήσια αιχμή παρουσιάζεται συνήθως το μεσημέρι από 11:00 μέχρι 14:00 και το βράδυ από 18:00 μέχρι 21:00.

Κατά την περίοδο του θέρους, η ημερήσια αιχμή παρουσιάζεται συνήθως το μεσημέρι από 10:00 μέχρι 14:00 και το βράδυ από 18:00 μέχρι 23:00.

Η μέγιστη αιχμή για το 2016 ήταν 3744 KW κατα τον Αύγουστο.

Η εκτίμηση της εξέλιξης της ζήτησης φορτίου του αυτόνομου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας Σύμης παρουσιάζεται παρακάτω:

| ΕΤΟΣ | ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΖΗΤΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (GWh) | ΑΙΧΜΗ ΖΗΤΗΣΗΣ(MW) |
|------|---------------------------------|-------------------|
| 2017 | 15,58 | 3,94 |
| 2018 | 15,98 | 4,04 |
| 2019 | 16,39 | 4,15 |
| 2020 | 16,79 | 4,25 |
| 2021 | 17,19 | 4,35 |

Πίνακας3.15: Εκτίμηση εξέλιξης ζήτησης

3.3 Περιγραφή Τοπικού Σταθμού Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας και Μεγέθη Παραγωγής

Ο ΤΣΠ Σύμης είναι εγκατεστημένος στο ΒΑ τμήμα του νησιού σε απόσταση 200 περίπου μέτρων από τον οικισμό Πέδι και 2 km από το χωριό. Η συνολική έκταση του οικοπέδου είναι 8.060 τετραγωνικά μέτρα. Τον σταθμό απαρτίζουν εννέα γεννήτριες diesel .

| Α/Α | Τύπος Μονάδας | ΤΣΠ ΣΥΜΗΣ | | Ειδική κατανάλωση (kg/MWh) |
|-----|---------------------|---------------------------|---------|----------------------------|
| | | Μέγιστη Δυναμικότητα (MW) | Καύσιμο | 100% |
| 1 | MITSUBISHI S16R-PTA | 0,9 | DIESEL | 217,6 |
| 2 | CEGIELSKI 6AL20/24 | 0,3 | DIESEL | 239 |
| 3 | CEGIELSKI 6AL20/24 | 0,3 | DIESEL | 239 |
| 4 | MITSUBISHI S16R-PTA | 0,9 | DIESEL | 217,6 |
| 5 | MITSUBISHI S16R-PTA | 0,9 | DIESEL | 217,6 |
| 6 | MTU 12V 4000G60 | 0,7 | DIESEL | 226,3 |
| 7 | MTU 12V 4000G60 | 0,7 | DIESEL | 226,3 |
| 8 | MITSUBISHI S16R-PTA | 0,9 | DIESEL | 217,6 |
| 9 | SACM AGOV12DSHR | 0,75 | DIESEL | 257,2 |
| | ΣΥΝΟΛΟ | 6,35 | | |

Πίνακας3.16: Μονάδες παραγωγής ενέργειας του ΤΣΠ ΣΥΜΗ

3.4 Ετήσια Κατανάλωση Πετρελαίου του Σταθμού Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας

| Μήνας | 2016 | Κατανάλωση πετρελαίου |
|-------------|------|-----------------------|
| ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ | | 284.876 λίτρα |
| ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ | | 244.263 λίτρα |
| ΜΑΡΤΙΟΣ | | 256.071 λίτρα |
| ΑΠΡΙΛΙΟΣ | | 247.638 λίτρα |
| ΜΑΙΟΣ | | 293.042 λίτρα |
| ΙΟΥΝΙΟΣ | | 339.895 λίτρα |
| ΙΟΥΛΙΟΣ | | 448.307 λίτρα |
| ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ | | 537.030 λίτρα |
| ΣΕΠΤΕΜΡΙΟΣ | | 372.327 λίτρα |
| ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ | | 284.854 λίτρα |
| ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ | | 236.923 λίτρα |
| ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ | | 268.287 λίτρα |

Πίνακας 3.17: Ετήσια κατανάλωση πετρελαίου 2016

Η συνολική ετήσια κατανάλωση πετρελαίου diesel του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ήταν για το έτος 2016 , 3.813.513 λίτρα καυσίμου.

Το μέσο ετήσιο μεταβλητό κόστος των συμβατικών μονάδων του συστήματος της Σύμης για το έτος 2016, λαμβάνοντας υπόψη το κόστος καυσίμου, το κόστος αγοράς δικαιωμάτων εκπομπών CO₂ και το πρόσθετο κόστος λειτουργίας και συντήρησης, προέκυψε από τα απολογιστικά στοιχεία ίσο με 185 €/MWh.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το μεσοσταθμικό ετήσιο κόστος αγοράς diesel για το 2016 κυμάνθηκε στα 685 €/kl, ενώ το μέσο ετήσιο πρόσθετο κόστος λειτουργίας και συντήρησης εκτιμάται ίδιο για κάθε μονάδα και ίσο με 5 €/MWh.

Το συνολικό κόστος κατασκευής και θέσης σε λειτουργία ενός νέου συμβατικού σταθμού παραγωγής εκτιμάται σε 0,8 εκατομμύρια €/MW ισχύος για Ηλεκτροπαραγωγή Ζεύγη με ελαφρύ καύσιμο.

Το συνολικό σταθερό κόστος λειτουργίας και συντήρησης του συμβατικού σταθμού παραγωγής του συστήματος Σύμης για το έτος 2016 με βάση απολογιστικά στοιχεία προέκυψε ίσο με 125 €/MWh.

Κεφάλαιο 4

4.1 Σκοπός του Έργου

Σκοπός του υβριδικού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι να ικανοποιήσει τις ανάγκες ζήτησης του δικτύου της Σύμης με συνδυασμό λειτουργίας των μονάδων μη εγγυημένης παραγωγής με τις μονάδες αποθήκευσης.

Όπως παρατηρήθηκε στο παραπάνω κεφάλαιο όπου έγινε αναφορά στην ετήσια κατανάλωση καυσίμου του θερμοηλεκτρικού σταθμού του νησιού, ανάγει το συμπέρασμα ότι η παραγωγή ενέργειας από θερμοηλεκτρικές μονάδες είναι ιδιαίτερα δαπανηρή και αποτελεί μια ζημιογόνα ενέργεια ενώ παράλληλα έχουμε επιβάρυνση του περιβάλλοντος από τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Ο υβριδικός σταθμός που μελετάται αποτελεί μια οικονομική επένδυση όπου σκοπεύει να αντιστρέψει τόσο την οικονομική ζημία του θερμοηλεκτρικού σταθμού όσο και την περιβαλλοντολογική ενώ ταυτόχρονα θέτει το νησί ανεξάρτητο από τα ορυκτά καύσιμα. Στα επόμενα χρόνια λόγω του περιορισμού διαθεσιμότητας των ορυκτών καυσίμων η τιμή θα ανέβει, γεγονός που μακροπρόθεσμα θέτει σε μεγαλύτερη οικονομική ζημία τον θερμοηλεκτρικό σταθμό.

4.2 Θέση Εγκατάστασης Υδροηλεκτρικού Σταθμού

Η επιλογή του χώρου εγκατάστασης του υδροηλεκτρικού σταθμού περιλαμβάνει ορισμένα κριτήρια τα οποία πρέπει να τηρεί η τοποθεσία με σκοπό να εξυπηρετήσει τα λειτουργικά οφέλη του σταθμού. Η εύρεση κατάλληλης θέσης αποτελεί μια διαδικασία που κρίνει την επιτυχία ή την αποτυχία του έργου και για τον λόγο αυτό το νησί εξετάστηκε λεπτομερώς περιμετρικά.

Αρχικά για το έργο που μελετάται θεωρείται δεδομένο ότι η αντλησιοταμίευση θα γίνεται από θαλασσινό νερό και θεωρείται μεγάλο πλεονέκτημα καθώς μηδενίζεται το κόστος για την κατασκευή του κάτω ταμιευτήρα.

Επίσης η περιοχή που θα επιλεγεί πρέπει να είναι όσο το δυνατό γίνεται κοντινότερα στο οδικό δίκτυο ενώ δεν πρέπει να θεωρείται προστατευόμενη περιοχή

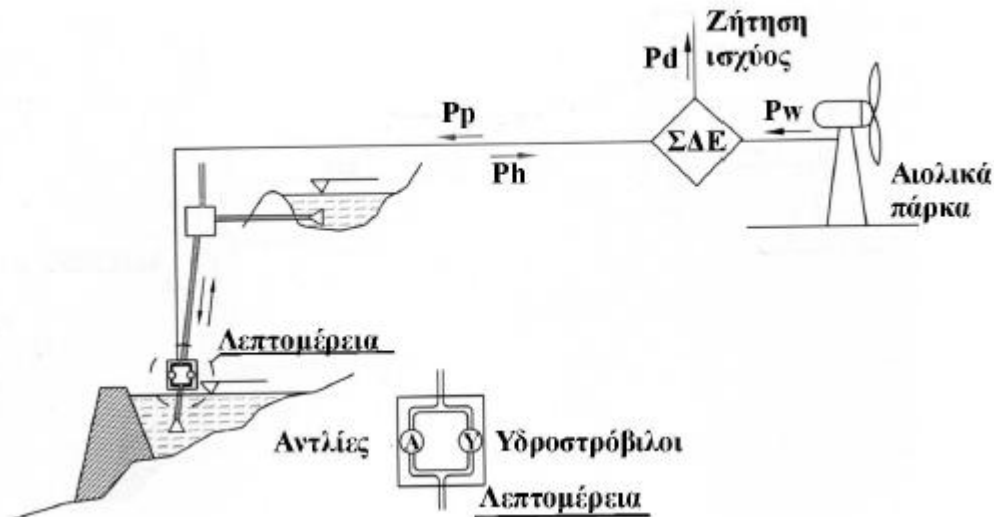
ως αρχαιολογικός χώρος , παραδοσιακός οικισμός και θρησκευτικό μνημείο στην απόσταση που ορίζει για κάθε ένα με την σειρά «η εφημερίς της κυβερνήσεως».

Τέλος πρέπει να εξετασθεί η τοποθεσία από γεωγραφικής άποψης, πιο συγκεκριμένα να διαθέτει ένα υψόμετρο η τοποθέτηση της άνω δεξαμενής τέτοιο ώστε το ωφέλιμο ύψος να καλύπτει τις ανάγκες υδατόπτωσης για την παραγωγή υδροδυναμικής ενέργειας από τους υδροστρόβιλους. Επιπρόσθετα πρέπει να είναι εφικτή η τοποθέτηση της υδραυλικής εγκατάστασης των σωληνώσεων από τον άνω ταμιευτήρα στις αντλίες και τους υδροστρόβιλους πράγμα που επηρεάζεται από την ομαλότητα του βουνού ,ταυτόχρονα να μην διατρέχουν κάποιο κίνδυνο οι σωληνώσεις και να μην παρουσιάζουν μεγάλες απώλειες. Αν είναι εφικτό, εγκαθιστούμε το αιολικό πάρκο σχετικά κοντά στον σταθμό για την αποφυγή μεγάλων απωλειών και επιβάρυνση υψηλού κόστους καλωδίων, κατά συνέπεια φροντίζουμε να εντοπίσουμε ένα καλό αιολικό δυναμικό και μία κορυφογραμμή που τηρούν όλους τους κανόνες χωροθέτησης.

Λαμβάνοντας υπόψιν όλα τα παραπάνω κριτήρια και σε συνεργασία πάντα με τον υπεύθυνο καθηγητή έγινε η επιλογή χωροθέτησης του έργου και στην συνέχεια όπου γίνεται η διαστασιολόγηση θα ταυτοποιηθεί με εικόνες.

4.3 Αλγόριθμος Λειτουργίας του Συστήματος

Το υπό μελέτη σύστημα απεικονίζεται γραφικά στο σχήμα που ακολουθεί όπου με P_d συμβολίζεται η ζήτηση ισχύος, P_w η παραγόμενη ισχύ από το αιολικό πάρκο, P_{wd} η ισχύ διείσδυσης από το αιολικό πάρκο, P_p και P_h αντίστοιχα η παραγωγή ισχύος από τις αντλίες και τους υδροστρόβιλους και τέλος P_t η ισχύς των θερμοηλεκτρικών.



Σχήμα4.1 :Συνδυασμός αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού και αιολικού πάρκου

Η μέθοδος λειτουργίας του υβριδικού σταθμού ελέγχεται από το σύστημα διαχείρισης ενέργειας (Σ.Δ.Ε) με βάση την παραγόμενη ισχύ P_w από το αιολικό πάρκο και την ζήτηση ισχύος P_d από το δίκτυο για κάθε δεδομένη χρονική στιγμή. Ανάλογα τα 2 αυτά μεγέθη προγραμματίζει την λειτουργία του σταθμού η οποία περιγράφεται ως εξής:

Η παραγωγή ισχύος του αιολικού πάρκου που συμβολίζεται με P_w είναι μεγαλύτερη από την ζήτηση του δικτύου P_d ισχύει δηλαδή ότι $P_w > P_d$ τότε στο δίκτυο θα διεισδύσει το 30% της ζήτησης και η περίσσεια ισχύος θα τροφοδοτεί το αντλιοστάσιο του συστήματος ίση με $P_p = P_w - P_d$ εφόσον το επιτρέπει την δεδομένη στιγμή η μέγιστη χωρητικότητα της δεξαμενής ώστε να μην υπερχειλίσει το νερό μέσω του ελεγκτή υψηλής στάθμης. Το αντλιοστάσιο θα διοχετεύει νερό από την κάτω δεξαμενή στην άνω με σκοπό να αποθηκευτεί υδροδυναμική ενέργεια. Εάν η χωρητικότητα της δεξαμενής δεν επιτρέπει να αποθηκευτεί υδροδυναμική ενέργεια την δεδομένη χρονική στιγμή τότε η περίσσεια ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να αξιοποιηθεί για την παραγωγή αφαλατωμένου νερού.

Η ηλεκτρική ισχύς του αιολικού πάρκου P_w είναι μικρότερη από την ζήτηση ισχύος P_d δηλαδή $P_w < P_d$ και ισχύει $P_w < 0,30$ (ποσοστό διείσδυσης) $\cdot P_d$ τότε όλη αιολική ισχύς διεισδύει στο δίκτυο και οι υδροστρόβιλοι παράγουν συμπληρωματική ισχύ $P_h = P_d - P_w$ με σκοπό να εξυπηρετηθεί η ζήτηση του δικτύου εφόσον το επιτρέπει η αποθηκευμένη

υδροδυναμική ενέργεια. Εάν στην άνω δεξαμενή δεν περιέχεται αρκετό νερό ώστε οι υδροστρόβιλοι να εξυπηρετήσουν την συμπληρωματική ισχύ που απαιτεί το δίκτυο τότε τίθενται σε λειτουργία οι θερμοηλεκτρικές μονάδες.

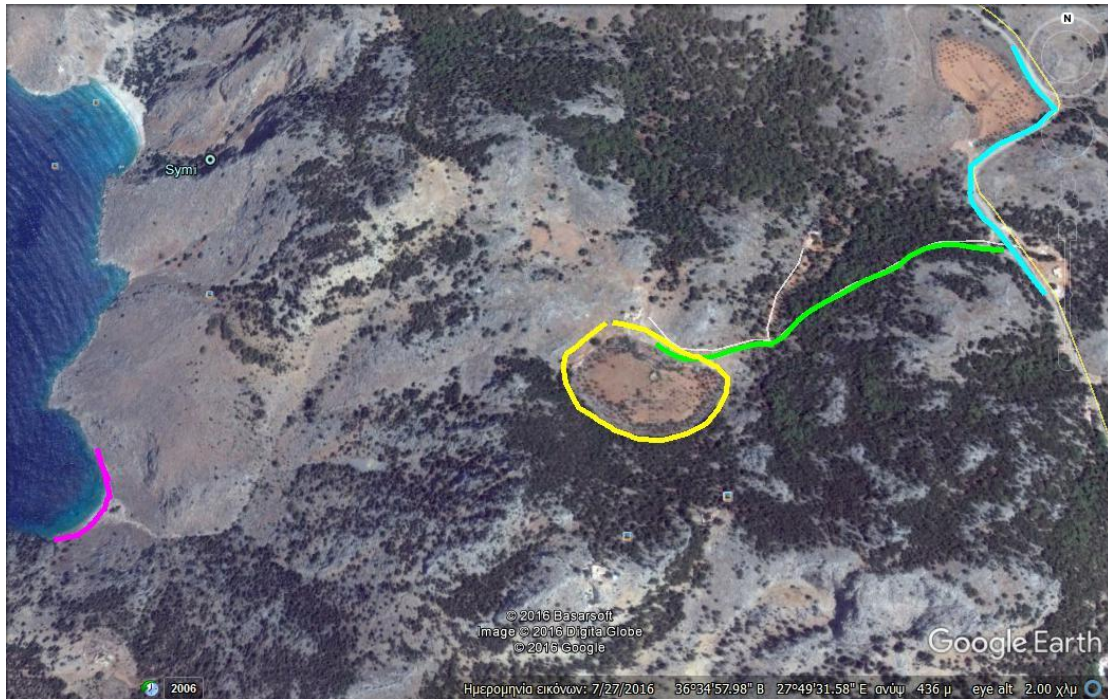
Για την προσομοίωση των αποτελεσμάτων και την διαστασιολόγηση του υβριδικού σταθμού δημιουργήθηκε μοντέλο υπολογισμών στο πρόγραμμα Microsoft Excel ύστερα από καθοδήγηση του υπεύθυνου καθηγητή.

Η προσομοίωση του συστήματος έγινε με βάση κριτηρίων με σκοπό η συμμετοχή των θερμοηλεκτρικών μονάδων και η περίσσεια ενέργεια να είναι μικρότερη από 10% στην ετήσια παραγωγή ενέργειας. Καθοριστικό ρόλο για την ρύθμιση των παραπάνω παραμέτρων είναι ο αριθμός των Α/Γ ,η χωρητικότητα της άνω δεξαμενής, το μήκος των σωληνώσεων, το ύψος υδατόπτωσης.

4.4 Διαστασιολόγηση-Χωροθέτηση Άνω Δεξαμενής

Ο ταμιευτήρας αποθήκευσης νερού βρίσκεται σε ύψος 440 m από την στάθμη της θάλασσας, η διαδρομή από την δεξαμενή που καταλήγει στην θάλασσα παρουσιάζει ομαλότητα για τους αγωγούς και η ακτογραμμή είναι ευρύχωρη για την εγκατάσταση των υδροδυναμικών μηχανών. Η θέση αυτή παρουσιάζει ικανοποιητικά μεγέθη υψομετρικής διαφοράς από την στάθμη της θάλασσας που αποτελεί την κάτω δεξαμενή. Με σκοπό η ετήσια απορριπτόμενη ενέργεια από το αιολικό πάρκο και η ετήσια συμμετοχή των θερμοηλεκτρικών μονάδων να μην υπερβαίνει το 10% η χωρητικότητα της άνω δεξαμενής υπολογίστηκε να είναι 350.000 m³ με αρχικό αποθηκευμένο όγκο νερού 175.000 m³. Η επιφάνεια της άνω δεξαμενής είναι 33.317 m².

Η άνω δεξαμενή βρίσκεται βορειοδυτικά του νησιού στην περιοχή Αγίου Θεολόγου και για να καταλήξει κανείς στο σημείο θα πρέπει να ακολουθήσει τον περιφερειακό δρόμο προς την Μονή του Αρχαγγέλου Μιχαήλ- Πανορμίτη ,στην συνέχεια να ακολουθήσει τον δρόμο με την επιγραφή “ΞΗΡΟΛΗΜΝΙΑ” - “ΣΤΑΥΡΟΣ ΤΟΥ ΠΟΛΕΜΟΥ” ύστερα από μια διαδρομή περίπου 700 μέτρων καταλήγει στην δεξαμενή.



Εικόνα4.2: Χωροθέτηση και περιγραφή διαδρομής προς Άνω δεξαμενή εικόνα από το Google Earth

Η κυκλωμένη περιοχή με κίτρινο χρώμα είναι η χωροθέτηση της άνω δεξαμενής με πράσινο χρώμα είναι η διαδρομή με την επιγραφή “ΞΗΡΟΛΗΜΝΙΑ” κ με γαλάζιο χρώμα είναι ο περιφερειακός δρόμος προς την Μονή Αρχαγγέλου Μιχαήλ-Πανορμίτη.



Εικόνα4.3: Τοποθεσία Άνω δεξαμενής



Εικόνα4.4: Τοποθεσία Άνω δεξαμενής



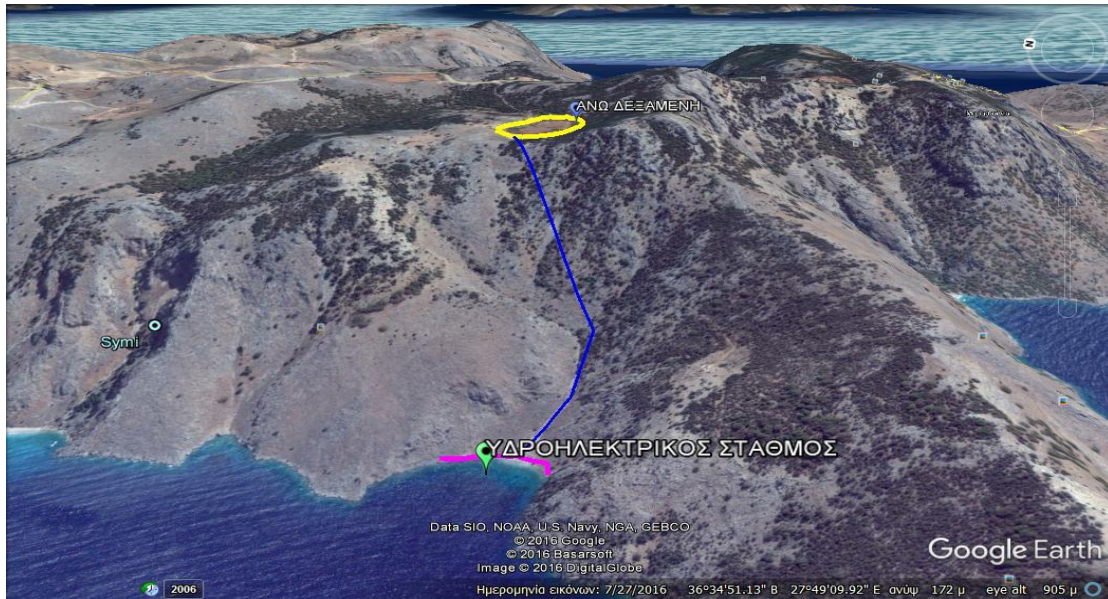
Εικόνα4.5: Τοποθεσία Άνω δεξαμενής



Σχήμα 4.26 : Απεικόνιση παραμένουτος όγκου νερού στη δεξαμενή

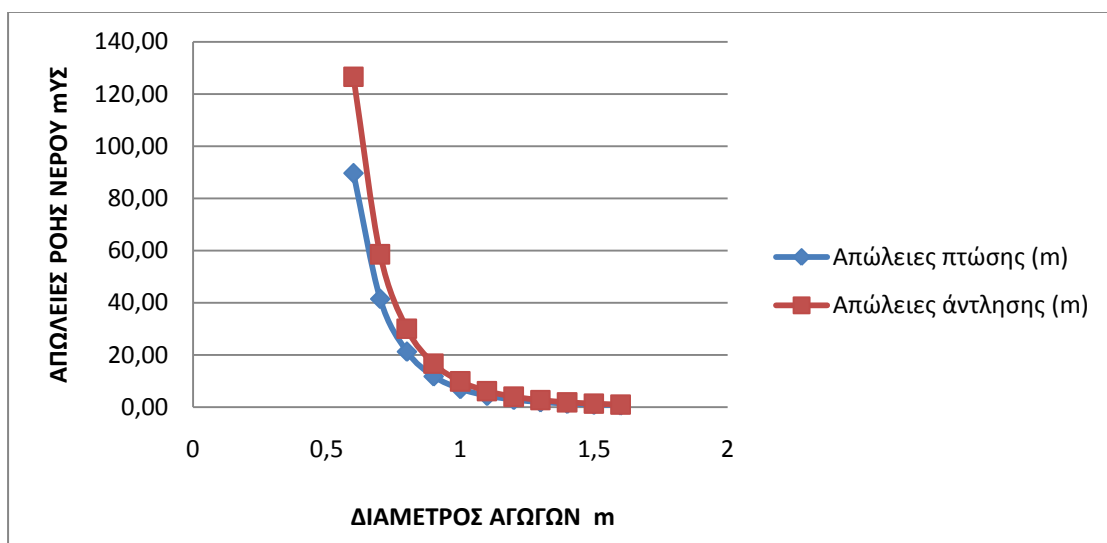
4.5 Διαστασιολόγηση-Χωροθέτη Αγωγού

Ύστερα από την προσδιορισμό της θέσης της άνω δεξαμενής θα προσδιοριστεί η θέση εγκατάστασης του αγωγού. Ο διπλός αγωγός ο οποίος θα μεταφέρει θαλασσινό νερό, θα ξεκινάει από το επιστόμιο της άνω δεξαμενής σε βάθος m και θα καταλήγει στην παραλία όπου θα είναι η εγκατάσταση του υδροηλεκτρικού σταθμού (αντλιοστάσιο, υδροστρόβιλοι). Ο αγωγός θα είναι διπλός με σκοπό να γίνεται ταυτόχρονα αποθήκευση και επαναπρόσδοσης υδραυλικής ενέργειας. Ο αγωγός ακολουθεί μια διαδρομή όσο το δυνατό λιγότερο απότομη καθώς καταλήγει στον υδροηλεκτρικό σταθμό και όσο το δυνατό ομαλή. Το μήκος του αγωγού άντλησης είναι 1080 m και του αγωγού πτώσης 1060 m.



Εικόνα4.6: Όδευση αγωγών πτώσης και άντλησης εικόνα από το Google Earth

Για τον υπολογισμό της διαμέτρου των αγωγών άντλησης και πτώσης και με σκοπό την αποφυγή μεγάλων απωλειών ροής χρησιμοποιήθηκε ο τύπος γραμμικών απωλειών $hf = f \cdot (L/d^5) \cdot (8 \cdot Q^2 / \pi^2 \cdot g)$, όπου f ο συντελεστής γραμμικών απωλειών, L το μήκος του αγωγού, d η διάμετρος, Q η παροχή του νερού κατά την άντληση και υδατόπτωση αντίστοιχα και g η επιτάχυνση της βαρύτητας. Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει τις απώλειες ροής του νερού κατά την άντληση και την πτώση σε συνάρτηση με την διάμετρο και παρατηρούμε την διακύμανση των απωλειών ροής με σκοπό να επιλεγθεί η καλύτερη δυνατή διάμετρος.



Διάγραμμα4.7: απωλειών ροής συναρτήσει της διαμέτρου των αγωγών

| Στοιχεία υπολογισμού των απωλειών ροής ανάλογα με την διάμετρο | Υδραυλική Πτώση | Άντληση |
|--|-----------------|---------|
| Μήκος σωληνώσεων (m) | 1060 | 1080 |
| Συντελεστής Απωλειών | 0,1014 | 0,1014 |
| Μέγιστη παροχή όγκου (m ³ /s) | 0,89 | 1,04 |
| Ταχύτητα ροής (m/s) | 1,39 | 1,64 |

Πίνακας4.8 : Στοιχεία υπολογισμού των απωλειών ροής ανάλογα με την διάμετρο

| Διάμετρος (m) | Απώλειες πτώσης (m) | Απώλειες άντλησης (m) |
|---------------|---------------------|-----------------------|
| 0,6 | 89,67 | 126,54 |
| 0,7 | 41,49 | 58,54 |
| 0,8 | 21,28 | 30,03 |
| 0,9 | 11,81 | 16,66 |
| 1 | 6,97 | 9,84 |
| 1,1 | 4,33 | 6,11 |
| 1,2 | 2,80 | 3,95 |
| 1,3 | 1,88 | 2,65 |
| 1,4 | 1,30 | 1,83 |
| 1,5 | 0,92 | 1,30 |
| 1,6 | 0,66 | 0,94 |
| 1,7 | 0,49 | 0,69 |
| 1,8 | 0,37 | 0,52 |
| 1,9 | 0,28 | 0,40 |
| 2 | 0,22 | 0,31 |

Πίνακας4.9 : Απεικόνιση απωλειών υδροδυναμικών μηχανών ανάλογα με την διάμετρο

Η διάμετρος του αγωγού που έχει επιλεγθεί βάση των απωλειών ροής είναι 0,9 m με σκοπό οι απώλειες να μην υπερβαίνουν το 5% της υψομετρικής διαφοράς μεταξύ άνω δεξαμενής και κάτω δεξαμενής που στην περίπτωση μας είναι η θάλασσα. Με σκοπό την επιλογή ενός αγωγού με τα καλύτερα οικονομικά οφέλη επιλέχθηκε η συγκεκριμένη διάμετρος.



Εικόνα4.10: Μορφολογία του εδάφους από την πάνω δεξαμενή προς τον υδροηλεκτρικό σταθμό

Με γνωστή την εσωτερική διάμετρο έγινε η διαστασιολόγηση της διατομής του αγωγού για όλη την διαδρομή που ακολουθεί από την δεξαμενή αποθήκευσης μέχρι την θάλασσα. Η συνολική πίεση που δέχεται ο αγωγός οφείλετε στην υδροστατική πίεση και στην πίεση λόγω υδραυλικού πλήγματος. Με χρήση του προγράμματος Googleearth και εξαρτώμενο το μήκος από την εκάστοτε κλίση που έχει ο αγωγός και την υψομετρική διαφορά υπολογίστηκε το μήκος για κάθε διατομή.

| Υψόμετρο(m) | Υψος στήλης ύδατος(m) | Υδροστατική πίεση(MPa) | Συνολική πίεση (MPa) |
|-------------|-----------------------|------------------------|----------------------|
| 440 | 0 | 0 | 1,430 |
| 430 | 10 | 0,0981 | 1,528 |
| 420 | 20 | 0,1962 | 1,626 |
| 410 | 30 | 0,2943 | 1,724 |
| 400 | 40 | 0,3924 | 1,822 |
| 390 | 50 | 0,4905 | 1,920 |
| 380 | 60 | 0,5886 | 2,018 |
| 370 | 70 | 0,6867 | 2,116 |
| 360 | 80 | 0,7848 | 2,215 |
| 350 | 90 | 0,8829 | 2,313 |
| 340 | 100 | 0,981 | 2,411 |
| 330 | 110 | 1,0791 | 2,509 |
| 320 | 120 | 1,1772 | 2,607 |
| 310 | 130 | 1,2753 | 2,705 |
| 300 | 140 | 1,3734 | 2,803 |
| 290 | 150 | 1,4715 | 2,901 |
| 280 | 160 | 1,5696 | 2,999 |
| 270 | 170 | 1,6677 | 3,097 |
| 260 | 180 | 1,7658 | 3,196 |
| 250 | 190 | 1,8639 | 3,294 |
| 240 | 200 | 1,962 | 3,392 |
| 230 | 210 | 2,0601 | 3,490 |
| 220 | 220 | 2,1582 | 3,588 |
| 210 | 230 | 2,2563 | 3,686 |
| 200 | 240 | 2,3544 | 3,784 |
| 190 | 250 | 2,4525 | 3,882 |
| 180 | 260 | 2,5506 | 3,980 |
| 170 | 270 | 2,6487 | 4,078 |
| 160 | 280 | 2,7468 | 4,177 |
| 150 | 290 | 2,8449 | 4,275 |

Πίνακας4.11: Διασταστασιολόγηση πάχους αγωγού

Όπως παρουσιάζεται στον παραπάνω πίνακα και ύστερα από υπολογισμούς στο πρόγραμμα Excel από τα 440 μέτρα μέχρι τα 150 μέτρα υψομετρικής διαφοράς επιλέχθηκε διατομή 7,92mm με συνολικό μήκος αγωγού 693 m. Η μέγιστη πίεση που αντέχει ο αγωγός της συγκεκριμένης διατομής είναι $P_{max} = 4,334$ (MPa) και όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα μέχρι τα 150 μέτρα η συνολική πίεση φτάνει τα 4,275 MPa. Ο όγκος χάλυβα είναι $69,529 \text{ m}^3$ για το συγκεκριμένο τμήμα.

| | | | |
|-----|-----|--------|-------|
| 150 | 290 | 2,8449 | 4,275 |
| 140 | 300 | 2,943 | 4,436 |
| 130 | 310 | 3,0411 | 4,534 |
| 120 | 320 | 3,1392 | 4,632 |
| 110 | 330 | 3,2373 | 4,730 |
| 100 | 340 | 3,3354 | 4,828 |
| 90 | 350 | 3,4335 | 4,926 |
| 80 | 360 | 3,5316 | 5,024 |
| 70 | 370 | 3,6297 | 5,123 |
| 60 | 380 | 3,7278 | 5,221 |
| 50 | 390 | 3,8259 | 5,319 |
| 40 | 400 | 3,924 | 5,417 |

Πίνακας4.12: Διασταστασιολόγηση πάχους αγωγού

Όπως παρουσιάζεται στον παραπάνω πίνακα και ύστερα από υπολογισμούς στο πρόγραμμα Excel από τα 150 μέτρα μέχρι τα 40 μέτρα υψομετρικής διαφοράς επιλέχθηκε διατομή 9,53mm με συνολικό μήκος αγωγού 292 m. Η μέγιστη πίεση που αντέχει ο αγωγός της συγκεκριμένης διατομής είναι $P_{max}= 5,512$ (MPa) και όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα μέχρι τα 40 μέτρα η συνολική πίεση φτάνει τα 5,417 MPa. Ο όγκος χάλυβα για το συγκεκριμένο τμήμα είναι 35,195 m³.

| | | | |
|----|-----|--------|-------|
| 40 | 400 | 3,924 | 5,417 |
| 30 | 410 | 4,0221 | 5,541 |
| 20 | 420 | 4,1202 | 5,639 |
| 10 | 430 | 4,2183 | 5,737 |
| 0 | 440 | 4,3164 | 5,835 |

Πίνακας4.13: Διασταστασιολόγηση πάχους αγωγού

Όπως παρουσιάζεται στον παραπάνω πίνακα και ύστερα από υπολογισμούς στο πρόγραμμα Excel από τα 40 μέτρα μέχρι τα 0 μέτρα υψομετρικής διαφοράς επιλέχθηκε διατομή 10,31mm με συνολικό μήκος αγωγού 292 m. Η μέγιστη πίεση που αντέχει ο αγωγός της συγκεκριμένης διατομής είναι $P_{max}= 6,083$ (MPa) και όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα μέχρι τα 40 μέτρα η συνολική πίεση φτάνει τα 5,835 MPa. . Ο όγκος χάλυβα για το συγκεκριμένο τμήμα είναι 12,378 m³.

| 100° Two - step SAWH pipe mill Product Range | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Outside Diameter | | Wall Thickness | | | | | | | | | | | | | |
| Inches | | 0.250 | 0.281 | 0.312 | 0.344 | 0.406 | 0.438 | 0.500 | 0.562 | 0.625 | 0.688 | 0.750 | 0.812 | 0.875 | 1.000 |
| | mm | 6.35 | 7.14 | 7.92 | 9.53 | 10.31 | 11.13 | 12.70 | 14.27 | 15.88 | 17.48 | 19.05 | 20.62 | 22.23 | 25.40 |
| 24 | 609.6 | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | 660.4 | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | 711.2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | 762.0 | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | 812.8 | | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | 914.4 | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | 1,016.0 | | | | | | | | | | | | | | |
| 44 | 1,117.6 | | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | 1,219.2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 52 | 1,320.8 | | | | | | | | | | | | | | |
| 56 | 1,422.4 | | | | | | | | | | | | | | |
| 60 | 1,524.0 | | | | | | | | | | | | | | |
| 64 | 1,625.6 | | | | | | | | | | | | | | |
| 68 | 1,727.2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 72 | 1,828.8 | | | | | | | | | | | | | | |
| 76 | 1,930.4 | | | | | | | | | | | | | | |
| 80 | 2,032.0 | | | | | | | | | | | | | | |
| 84 | 2,133.6 | | | | | | | | | | | | | | |
| 88 | 2,235.2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 92 | 2,336.8 | | | | | | | | | | | | | | |
| 96 | 2,438.4 | | | | | | | | | | | | | | |
| 100 | 2,540.0 | | | | | | | | | | | | | | |

Διάγραμμα4.14: Επιλογή αγωγού

Ο αγωγός που επιλέχθηκε είναι 40 ίντσες εξωτερική διάμετρο και εύρος διατομής από 7,92 mm μέχρι 25,40 mm.

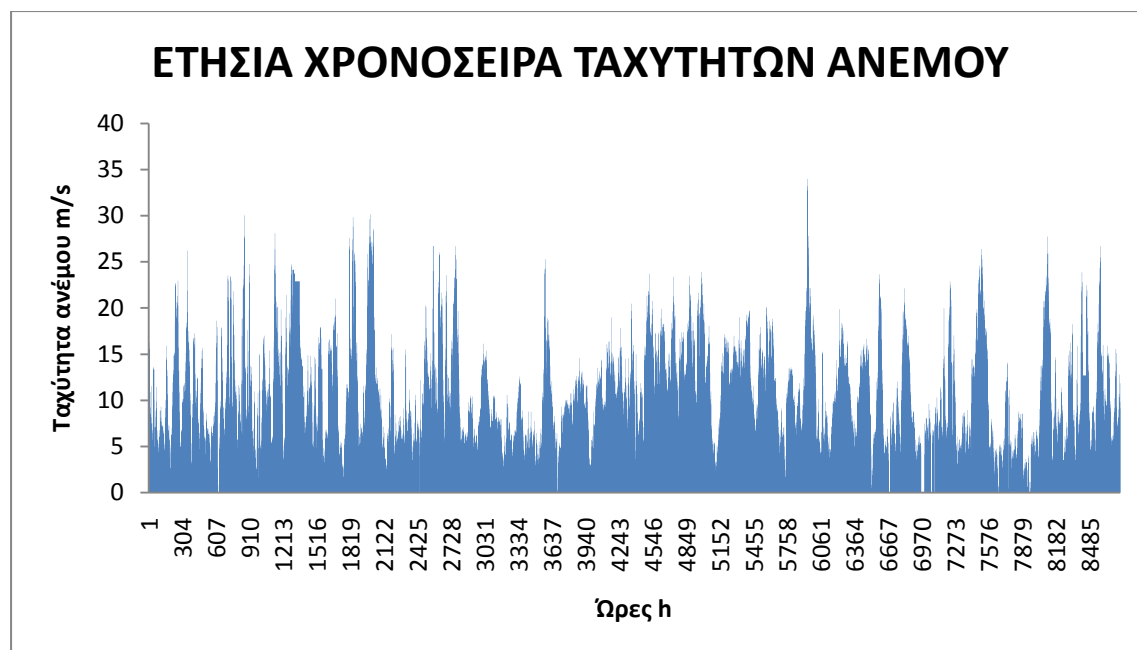
Η συνολική μάζα του αγωγού εγκατάστασης είναι 919.252 kgr αλλά επειδή όπως έχει αναφερθεί ο αγωγός θα είναι διπλός η τελική συνολική μάζα του αγωγού θα είναι 1.838.503 kgr.

4.6 Διαστασιολόγηση Αιολικού Πάρκου

Για την διαστασιολόγηση του αιολικού πάρκου αρχικά μελετήθηκε το αιολικό δυναμικό της περιοχής με μετρήσεις από ανεμολογικό ιστό. Τα μετρητικά όργανα του ανεμολογικού ιστού έδωσαν στοιχεία σε χρονικό διάστημα ενός έτους όσο αφορά την ταχύτητα και την διεύθυνση του ανέμου. Μετά από την ανάλυση των μετρήσεων γίνεται η κατανομή Weibull η οποία προσδιορίζει την πιθανότητα εμφάνισης κάθε τιμής της ταχύτητας ανέμου, η ετήσια χρονοσειρά με μέσες ωριαίες τιμές ταχυτήτων, το ροδόγραμμα της κύριας διεύθυνσης του ανέμου. Σύμφωνα με τα παραπάνω

στοιχεία που αναλύθηκαν είναι δυνατός ο υπολογισμός παραγωγής ενέργειας από το αιολικό πάρκο.

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η ετήσια χρονοσειρά ταχυτήτων ανέμου που καταγράφηκε στο νησί.

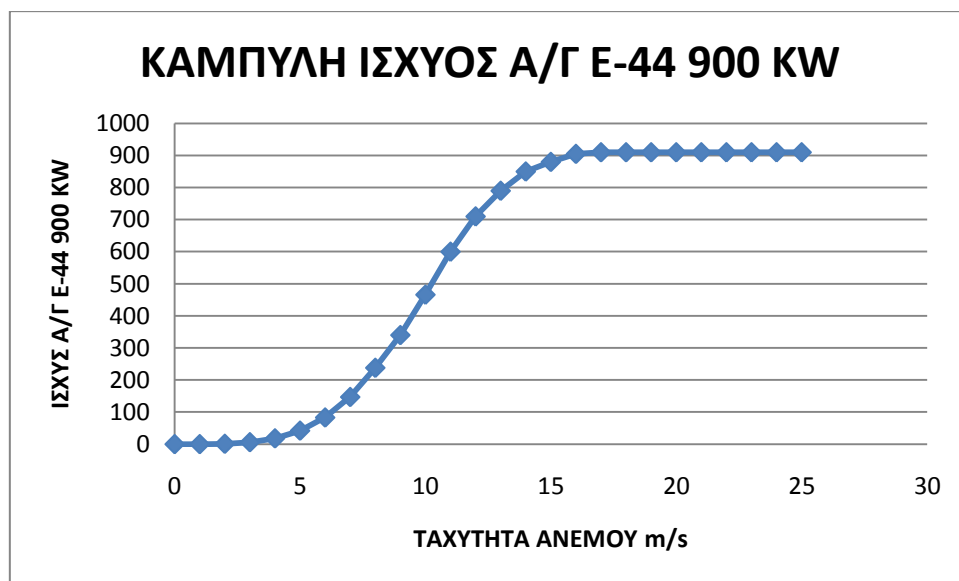


Σχήμα4.15: Ετήσια ωριαία χρονοσειρά ταχυτήτων ανέμου για την νήσο Σύμη

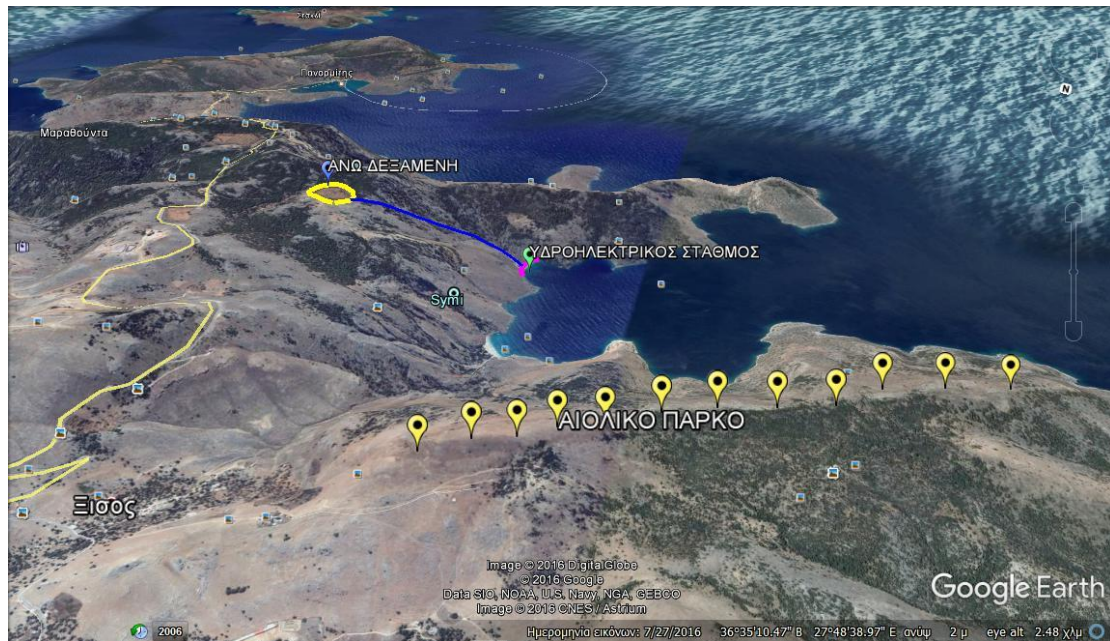
Με σκοπό να πραγματοποιηθεί η διαδικασία υπολογισμών παραγωγής αιολικής ενέργειας επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί ανεμογεννήτρια της εταιρίας ENERCON με ονομασία μοντέλου E-44 με ονομαστική ισχύ 900 KW, με 3 πτερώγια και διάμετρο πτερωτής 44 m. Ο υπολογισμός ισχύος από μια ανεμογεννήτρια έγινε με βάση την μέση ωριαία ταχύτητα ανέμου στην διάρκεια ενός έτους, τη καμπύλη ισχύος της ανεμογεννήτριας και την χρήση κατάλληλου λογισμικού. Η εύρεση κατάλληλης τοποθεσίας για την εγκατάσταση του αιολικού πάρκου προέκυψε αφού λήφθηκε υπόψιν η επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου, η διάρκεια πνοής του ανέμου από κάθε κατεύθυνση. Ο αριθμός των ανεμογεννητριών επιλέχθηκε έτσι ώστε η συμμετοχή των θερμοηλεκτρικών και η απορριπτόμενη ενέργεια να μην υπερβαίνουν το 10% της συνολικής ετήσιας ενέργειας που απαιτεί το δίκτυο. Ο αριθμός των ανεμογεννητριών που προέκυψε είναι 7. Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει την καμπύλη ισχύος της ανεμογεννήτριας ENERCON E-44 με ισχύ 900 KW.



Εικόνα4.16: ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ Ε-44 900 ΚW



Σχήμα4.17: Διάγραμμα καμπύλης ισχύος Α/Γ Ε-44 900 ΚW



Εικόνα4.18: Τοποθεσία εγκατάστασης Αιολικού Πάρκου (εικόνα από το Google Earth).

4.7 Διαστασιολόγηση Υδροτροβίλων

Ο τύπος υδροτροβίλου που θα εγκατασταθεί είναι ο Pelton γιατί είναι ο μόνος υδροτροβίλος ο οποίος μπορεί να εγκατασταθεί για υδατοπτώσεις άνω των 300 m δηλαδή για μεγάλες υδραυλικές πτώσεις, υδροστατικές πιέσεις. Η φυσική υδατόπτωση του υβριδικού σταθμού είναι 440 m. Ακόμα ένας λόγος για τον οποίο θα χρησιμοποιηθεί ο συγκεκριμένος υδροτροβίλος είναι επειδή δεν έχει ανάστροφη λειτουργία, στον υβριδικό σταθμό θα γίνεται ταυτόχρονη αποθήκευση και παραγωγή ενέργειας οπότε χρειάζεται ξεχωριστή μονάδα για άντληση νερού και επαναπρόσδοσης υδραυλικής ενέργειας. Επιπρόσθετα ο υδροτροβίλος Pelton έχει ιδανική προσαρμογή για λειτουργία με μεταβλητή παροχή ,σταθερό βαθμό απόδοσης ο οποίος είναι της τάξης 85%-90% και το πεδίο λειτουργίας έχει παροχή από 0,01 m³/s μέχρι 5 m³/s.

Βάση των αποτελεσμάτων που υπολογίστηκαν η μέγιστη παροχή όγκου υδροτροβίλων είναι 0,89 m³/s και η μέγιστη ισχύς υδροτροβίλων φτάνει τα 3,25 MW. Η ονομαστική ισχύ του υδροτροβίλου τύπου Pelton ο οποίος θα χρησιμοποιηθεί είναι 1360 KW και επιλέγονται 4 υδροτροβίλοι για να καλύψουν την μέγιστη ισχύ. Μια μονάδα να είναι πάντα σε εφεδρεία.



Εικόνα4.19: Υδροστρόβιλος Pelton

4.8 Διαστασιολόγηση Αντλιοστασίου

Ύστερα από προσομοίωση του συστήματος για τον υπολογισμό της ενέργειας που απαιτείται για άντληση , υπολογίστηκε η μέγιστη ισχύς των αντλιών η οποία είναι 6,14MW και μέγιστη παροχή όγκου αντλιών 1,04 m³/s. Επιλέχθηκαν 12 ανλτίες μεταβλητών στροφών ονομαστικής ισχύς 760 KW για να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις για την ενέργεια άντλησης που απαιτείται.

Η παραλία στην οποία θα εγκατασταθεί ο υδροηλεκτρικός σταθμός που θα περιλαμβάνει το αντλιοστάσιο και τους υδροστρόβιλους παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα4.20: Παραλία εγκατάστασης υδροηλεκτρικού σταθμού

4.9 Ονομαστικά Μεγέθη

Τα μεγέθη παραγωγής ενέργειας προέκυψαν από την διαστασιολόγηση του υβριδικού σταθμού αφού επιλέχθηκε η κατάλληλη τοποθεσία με σκοπό τα βέλτιστα δυνατά οικονομικά οφέλη. Επίσης τόσο στους υδροστροβίλους όσο και στις αντλίες προστέθηκε από μια μονάδα να αποτελεί εφεδρεία του συστήματος έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η εγγυημένη παραγωγή ενέργειας σε περιπτώσεις βλάβης ή συντήρησης των υδροδυναμικών μηχανών.

| Συγκεντρωτικός πίνακας ονομαστικών μεγεθών | Τιμή μεγέθους |
|--|---------------|
| Τελικά στοιχεία εγκατάστασης | |
| Ονομαστική ισχύς αιολικού πάρκου (MW) | 6,3 |
| Ονομαστική ισχύς υδροστροβίλων (MW) | 5,44 |
| Ονομαστική ισχύς αντλιών (MW) | 9,12 |
| Μήκος σωληνώσεων (m) | 1060 |
| Διάμετρος σωληνώσεων (m) | 0,9 |
| Ύψος υδατόπτωσης (m) | 440 |
| Χωρητικότητα άνω δεξαμενής (m ³) | 350.000 |
| Μέγιστη παροχή υδροστροβίλων (m ³ /s) | 0,89 |
| Μέγιστη παροχή αντλιών (m ³ /s) | 1,04 |

Πίνακας4.21:Συγκεντρωτικός πίνακας ονομαστικών μεγεθών.

| Είδος μηχανής | Τύπος μηχανής | Αριθμός μονάδων | Ονομ. Ισχύς ανά μονάδα(MW) | Συνολική εγκατεστημένη Ισχύς(MW) |
|-----------------|---------------|-----------------|----------------------------|----------------------------------|
| Ανεμογεννήτριες | ENERCON | 7 | 0,9 | 6,3 |
| Υδροστροβίλοι | PELTON | 4 | 1,36 | 5,44 |
| Αντλίες | ADRITZ | 10 | 0,76 | 9,12 |

Πίνακας4.22:Εγκατεστημένες μονάδες του σταθμού.

4.10 Ετήσια Μεγέθη Παραγωγής

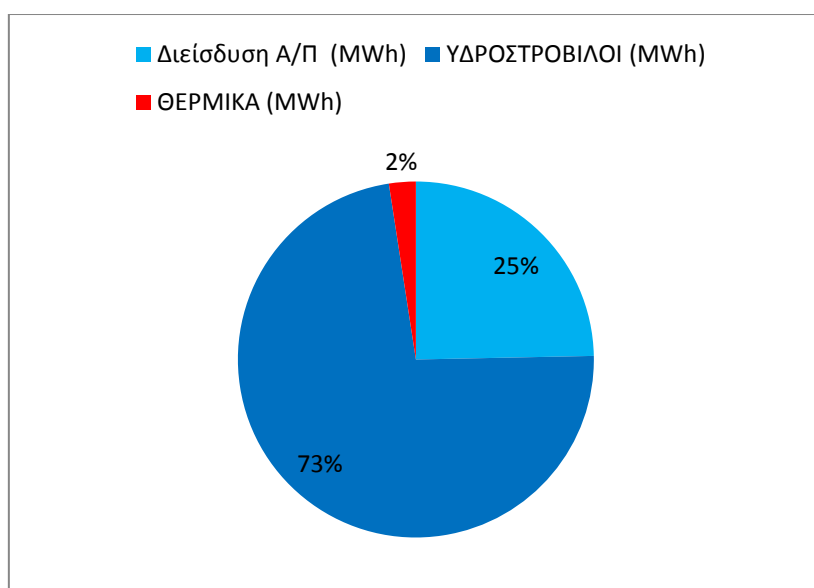
Η σύνθεση στην οποία λειτουργούν συνδυαστικά ο υβριδικός σταθμός και ο θερμοηλεκτρικός σταθμός ήταν αποτέλεσμα της ενεργειακής προσομοίωσης του συστήματος. Με σκοπό την βέλτιστη διαστασιολόγηση η προσομοίωση έγινε με όσο

το δυνατό μικρότερη συμμετοχή των θερμοηλεκτρικών μονάδων και λιγότερη απόρριψη αιολικής ενέργειας από το αιολικό πάρκο.

| Ετήσιες συγκομιδές ενέργειας | Ποσό ενέργειας |
|---|----------------|
| Παραγωγή ενέργειας από Α/Π(MWh) | 24.465,33 |
| Ενέργεια που διεισδύει στο δίκτυο (MWh) | 3.746,06 |
| Παραγωγή ενέργειας από υδροστρόβιλους(MWh) | 11.064,72 |
| Κατανάλωση ενέργειας από αντλίες (MWh) | 18.401,04 |
| Παραγωγή ενέργειας από θερμοηλεκτρικά (MWh) | 368,90 |
| Απόρριψη ενέργειας (MWh) | 2.318,23 |

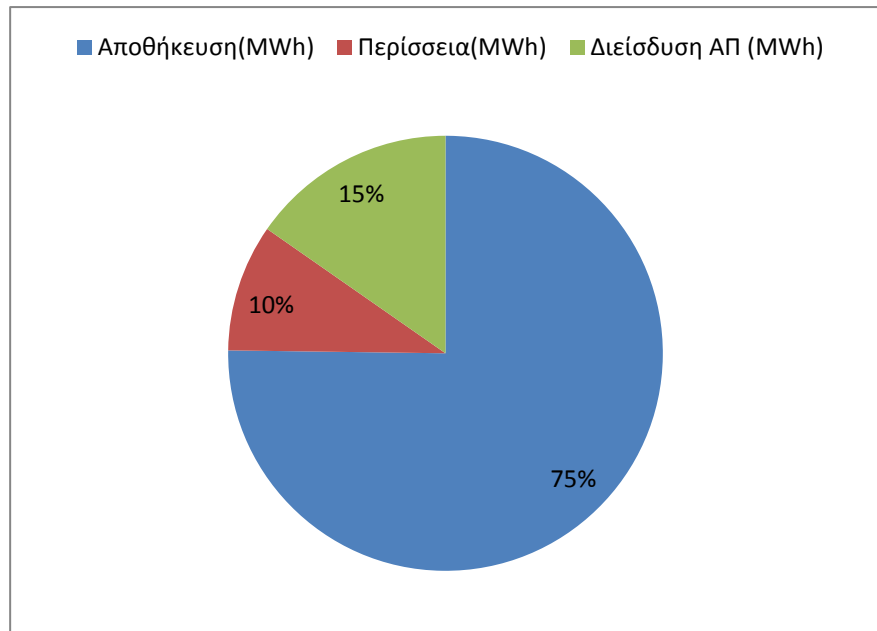
Πίνακας4.23: Ετήσια μεγέθη παραγωγής

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η παραγωγή ενέργειας από το αιολικό πάρκο, τους υδροστρόβιλους και τα θερμοηλεκτρικά.



Διάγραμμα4.24: Κάλυψη ζήτηση ισχύος

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η χρήση της αιολικής ενέργειας και αναλύει από την παραγόμενη αιολική ενέργεια το ποσοστό ενέργειας που αποθηκεύεται, διεισδύει στο δίκτυο και απορρίπτεται. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να επισημανθεί ότι ακόμα και η απορριπτόμενη ενέργεια μπορεί να εκμεταλλευτεί για την παραγωγή γλυκού νερού από αφαλάτωση.



Διάγραμμα 4.25: Χρήση αιολικής ενέργειας

Κεφάλαιο 5

5.1 Αρχικό Κόστος Εγκατάστασης

Βάση των προσεγγιστικών οικονομικών μεγεθών που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα βασίζεται η οικονομική αξιολόγηση του υβριδικού σταθμού.

| ΕΙΔΟΣ | ΕΙΔΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ | ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΟ ΜΕΓΕΘΟΣ | ΚΟΣΤΟΣ ΣΕ ΕΥΡΩ |
|------------------------|-------------------------------|-------------------------|----------------|
| ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ | 1200 ΕΥΡΩ/KW | 6300 KW | 7.560.000 |
| ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΟΙ | 500 ΕΥΡΩ/KW | 5440 KW | 2.720.000 |
| ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ | 600 ΕΥΡΩ/KW | 9200 KW | 5.520.000 |
| ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ | 50.000 ΕΥΡΩ/MW | 6,3MW | 315.000 |
| ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΣΤΕΓΑΝΟΠΟΙΗΣΗ | 15 ΕΥΡΩ/m ² | 33.000m ² | 495.000 |
| ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ | 1,2 ΕΥΡΩ/KGR | 1.838.503 Kgr | 2.206.203 |
| όγκος εκσκαφής | 5ΕΥΡΩ/m ³ | 2276,533 m ³ | 11.382 |
| κόστος εγκατάστασης | 30% συνολικού ειδικού κόστους | | 661.860 |
| ΕΚΣΚΑΣΦΗ | 8 ΕΥΡΩ/M ³ | 350.000 M ³ | 2.800.000 |

| | | | |
|---------------------------|-----------------------|----------------|----------------|
| ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ | 40.000 ΕΥΡΩ/Km | 25500 m | 1.020.000 |
| ΟΔΟΠΟΙΑ | 30.000 ΕΥΡΩ/Km | 4000 m | 120.000 |
| ΑΓΟΡΑ ΓΗΣ | | | 300.000 |
| ΚΤΙΡΙΑ ΣΤΑΘΜΟΥ | | | 1.000.000 |
| ΜΟΝΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ | | | 1.000.000 |
| ΛΙΜΕΝΙΚΑ ΕΡΓΑ | | | 1.500.000 |
| ΑΜΟΙΒΕΣ ΜΕΛΕΤΩΝ | | | 1.100.000 |
| ΔΙΑΦΟΡΑ ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ | | | 500.000 |

Πίνακας5.1 :Συγκεντρωτικός πίνακας κόστους εγκατάστασης

Το συνολικό ποσό ποσό ύστερα από το άθροισμα των παραπάνω οικονομικών μεγεθών ανέρχεται στα 28.829.445 Ευρώ.

5.2 Χρηματοδοτικό Σχήμα

Το χρηματοδοτικό σχήμα επιλέγεται βάση της τρέχουσας νομοθεσίας παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα με το δανειακό κεφάλαιο να έχει περίοδο αποπληρωμής τα 10 έτη και επιτόκιο 5%.

| | Ποσοστό (%) | Ποσό | Μονάδα |
|--|-------------|--------------|------------|
| Κόστος επένδυσης | | 28.829.445 | Euro |
| Ίδια κεφάλαια | 25% | 7.207.362 | Euro |
| Επιχορήγηση | 50% | 14.414.723 | Euro |
| Δάνειο | 25% | 7.207.362 | Euro |
| Επιτόκιο δανεισμού | 5% | | |
| Έτη αποπληρωμής | | 10 | Έτη |
| Συνολική πωλούμενη ενέργεια | | 14.811 | MWh/Ετος |
| Τιμή πώλησης | | 300 | Euro /MWh |
| Έσοδα | | 4.443.233,36 | Euro /Ετος |
| Πίνακας 5.2: Χρηματοδοτικό σχήμα έργου | | | |

5.3 Ετήσια Χρηματορογή

Τα ετήσια έξοδα της επένδυσης περιγράφονται παρακάτω με προσεγγιστικά κόστη.

- Συντήρηση αιολικού πάρκου 0,01 Ευρώ για κάθε παραγόμενη ενέργεια
- Ετήσια δόση δανείου
- Συντήρηση αναστρέψιμου σταθμού 300.000 Ευρώ
- Δημοτικά τέλη το 3% των συνολικών ακαθαρίστων εσόδων
- Μισθοδοσία εργαζομένων μαζί με ένσημα 30.000 Ευρώ ανά άτομο
- Ασφάλεια εξοπλισμού 0,4% του αρχικού κόστους του έργου
- Διάρκεια ζωής του έργου 20 έτη
- Απόσβεση με σταθερή μείωση υπολοίπου για όλη τη διάρκεια ζωής του έργου.

| Έτος | Ετήσια έσοδα ευρώ | Δημοτικά τέλη ευρώ | Συντήρηση ευρώ | Πληρωμή δανείου ευρώ |
|------|-------------------|--------------------|----------------|----------------------|
| 1 | 4.443.233,36 | 133.297,00 | 300.000 | 933.386,35 |
| 2 | 4.443.233,36 | 133.297,00 | 300.000 | 933.386,35 |
| 3 | 4.443.233,36 | 133.297,00 | 544.653,26 | 933.386,35 |
| 4 | 4.443.233,36 | 133.297,00 | 544.653,26 | 933.386,35 |
| 5 | 4.443.233,36 | 133.297,00 | 544.653,26 | 933.386,35 |
| 6 | 4.443.233,36 | 133.297,00 | 544.653,26 | 933.386,35 |
| 7 | 4.443.233,36 | 133.297,00 | 544.653,26 | 933.386,35 |
| 8 | 4.443.233,36 | 133.297,00 | 544.653,26 | 933.386,35 |
| 9 | 4.443.233,36 | 133.297,00 | 544.653,26 | 933.386,35 |
| 10 | 4.443.233,36 | 133.297,00 | 544.653,26 | 933.386,35 |
| 11 | 4.443.233,36 | 133.297,00 | 544.653,26 | 0 |
| 12 | 4.443.233,36 | 133.297,00 | 544.653,26 | 0 |
| 13 | 4.443.233,36 | 133.297,00 | 544.653,26 | 0 |
| 14 | 4.443.233,36 | 133.297,00 | 544.653,26 | 0 |
| 15 | 4.443.233,36 | 133.297,00 | 544.653,26 | 0 |
| 16 | 4.443.233,36 | 133.297,00 | 544.653,26 | 0 |
| 17 | 4.443.233,36 | 133.297,00 | 544.653,26 | 0 |
| 18 | 4.443.233,36 | 133.297,00 | 544.653,26 | 0 |
| 19 | 4.443.233,36 | 133.297,00 | 544.653,26 | 0 |
| 20 | 4.443.233,36 | 133.297,00 | 544.653,26 | 0 |

Πίνακας 5.3 : Αναγωγή της χρηματοροής σε διάρκεια 20 ετών

| Έτος | Ασφάλεια εξοπλισμού ευρώ | Μισθοδοσία ευρώ | Διάφορα |
|------|--------------------------|-----------------|-----------|
| 1 | 92.254,22 | 300.000,00 | 10.000,00 |
| 2 | 92.254,22 | 300.000,00 | 10.000,00 |
| 3 | 92.254,22 | 300.000,00 | 10.000,00 |
| 4 | 92.254,22 | 300.000,00 | 10.000,00 |
| 5 | 92.254,22 | 300.000,00 | 10.000,00 |
| 6 | 92.254,22 | 300.000,00 | 10.000,00 |
| 7 | 92.254,22 | 300.000,00 | 10.000,00 |
| 8 | 92.254,22 | 300.000,00 | 10.000,00 |
| 9 | 92.254,22 | 300.000,00 | 10.000,00 |
| 10 | 92.254,22 | 300.000,00 | 10.000,00 |
| 11 | 92.254,22 | 300.000,00 | 10.000,00 |
| 12 | 92.254,22 | 300.000,00 | 10.000,00 |
| 13 | 92.254,22 | 300.000,00 | 10.000,00 |
| 14 | 92.254,22 | 300.000,00 | 10.000,00 |
| 15 | 92.254,22 | 300.000,00 | 10.000,00 |
| 16 | 92.254,22 | 300.000,00 | 10.000,00 |
| 17 | 92.254,22 | 300.000,00 | 10.000,00 |
| 18 | 92.254,22 | 300.000,00 | 10.000,00 |
| 19 | 92.254,22 | 300.000,00 | 10.000,00 |
| 20 | 92.254,22 | 300.000,00 | 10.000,00 |

Πίνακας 5.4 : Αναγωγή της χρηματοροής σε διάρκεια 20 ετών(συνέχεια)

| Έτος | Απόσβεση ευρώ | Φόροι ευρώ | Συνολικά Έξοδα ευρώ | Κέρδη ευρώ |
|------|---------------|------------|---------------------|--------------|
| 1 | 576.588,96 | 545.403,77 | 2.314.341,35 | 2.128.892,01 |
| 2 | 576.588,96 | 545.403,77 | 2.314.341,35 | 2.128.892,01 |
| 3 | 576.588,96 | 481.793,93 | 2.495.384,76 | 1.947.848,60 |
| 4 | 576.588,96 | 481.793,93 | 2.495.384,76 | 1.947.848,60 |
| 5 | 576.588,96 | 481.793,93 | 2.495.384,76 | 1.947.848,60 |
| 6 | 576.588,96 | 481.793,93 | 2.495.384,76 | 1.947.848,60 |
| 7 | 576.588,96 | 481.793,93 | 2.495.384,76 | 1.947.848,60 |
| 8 | 576.588,96 | 481.793,93 | 2.495.384,76 | 1.947.848,60 |
| 9 | 576.588,96 | 481.793,93 | 2.495.384,76 | 1.947.848,60 |
| 10 | 576.588,96 | 481.793,93 | 2.495.384,76 | 1.947.848,60 |
| 11 | 576.588,96 | 724.474,38 | 1.804.678,86 | 2.638.554,50 |
| 12 | 576.588,96 | 724.474,38 | 1.804.678,86 | 2.638.554,50 |
| 13 | 576.588,96 | 724.474,38 | 1.804.678,86 | 2.638.554,50 |
| 14 | 576.588,96 | 724.474,38 | 1.804.678,86 | 2.638.554,50 |
| 15 | 576.588,96 | 724.474,38 | 1.804.678,86 | 2.638.554,50 |
| 16 | 576.588,96 | 724.474,38 | 1.804.678,86 | 2.638.554,50 |
| 17 | 576.588,96 | 724.474,38 | 1.804.678,86 | 2.638.554,50 |
| 18 | 576.588,96 | 724.474,38 | 1.804.678,86 | 2.638.554,50 |
| 19 | 576.588,96 | 724.474,38 | 1.804.678,86 | 2.638.554,50 |
| 20 | 576.588,96 | 724.474,38 | 1.804.678,86 | 2.638.554,50 |

Πίνακας 5.5 : Αναγωγή της χρηματοροής σε διάρκεια 20 ετών(συνέχεια)

Κεφάλαιο 6

6.1 Αξιολόγηση Έργου

Ύστερα από τον υπολογισμό των οικονομικών μεγεθών που προκύπτουν από την επένδυση και αναλύοντας τους παραπάνω πίνακες όπου έγινε αναφορά στα ετήσια οικονομικά μεγέθη ανάγει το συμπέρασμα ότι η επένδυση είναι βιώσιμη. Πιο συγκεκριμένα μετά τα 9 έτη τα αθροιστικά κέρδη ανέρχονται στο ποσό των 17.892.724,20 ευρώ ενώ το άθροισμα των ιδίων κεφαλαίων και του δανείου που αποπληρώθηκε ανέρχεται στο ποσό των 16.541.225,52 ευρώ. Μέσα σε χρονικό διάστημα 9 έτη έγινε απόσβεση των χρημάτων που επενδύθηκαν ίδια κεφάλαια και δάνειο και σε χρονικό διάστημα 14 έτη έγινε απόσβεση της συνολικής επένδυσης καθώς τα αθροιστικά κέρδη στα 14 έτη είναι 30.394.790,80 ευρώ ενώ το συνολικό κόστος της επένδυσης είναι 28.829.445 ευρώ. το δάνειο είχε περίοδο αποπληρωμής τα 10 έτη. Με βάση τα παραπάνω ανάγει το συμπέρασμα ότι μια τέτοια επένδυση είναι βιώσιμη και αρκετά κερδοφόρα επιπρόσθετα στο χρονικό διάστημα 20 ετών τα αθροιστικά κέρδη ανέρχονται στα 46.226.117,69 ευρώ.

| Έτος | Αθροιστικά κέρδη σε ευρώ |
|------|--------------------------|
| 1 | 2.128.892,01 |
| 2 | 4.257.784,02 |
| 3 | 6.205.632,62 |
| 4 | 8.153.481,22 |
| 5 | 10.101.329,81 |
| 6 | 12.049.178,41 |
| 7 | 13.997.027,01 |
| 8 | 15.944.875,61 |
| 9 | 17.892.724,20 |
| 10 | 19.840.572,80 |
| 11 | 22.479.127,30 |
| 12 | 25.117.681,80 |
| 13 | 27.756.236,30 |
| 14 | 30.394.790,80 |
| 15 | 33.033.345,30 |
| 16 | 35.671.899,79 |
| 17 | 38.310.454,29 |
| 18 | 40.949.008,79 |
| 19 | 43.587.563,29 |
| 20 | 46.226.117,79 |

Πίνακας6.1: Αθροιστικά κέρδη

6.2 Συμπεράσματα

Η αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού της Σύμης αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την ανεξαρτητοποίηση του νησιού από τα ορυκτά καύσιμα τα οποία αποτελούν οικονομική και περιβαλλοντική ζημία. Με την αντλησιοταμίευση η αιολική ενέργεια μπορεί να εκμεταλλευτεί πλήρως επιλέγοντας χωρητικότητα ταμιευτήρα τέτοια ώστε να μην υπάρχει περίσσεια ενέργεια στο σύστημα. Η υδροηλεκτρική ενέργεια εγγυάται την ασφάλεια για την κάλυψη της ζήτησης ακόμα και τις ώρες αιχμής.

Η επιλογή τοποθεσίας για την χωροθέτηση του υβριδικού σταθμού επηρεάζει την διαστασιολόγηση και κατ'έκταση των παραγωγικών και οικονομικών μεγεθών του συστήματος. Η γεωγραφία του νησιού βοήθησε στην εύρεση μιας καλής τοποθεσίας για την εγκατάσταση του αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού έργου και αυτό επιβεβαιώνεται από την οικονομική αξιολόγηση.

Ο υβριδικός σταθμός αποτελεί το κλειδί για την οικονομικότερη παραγωγή ενέργειας και στο σημείο αυτό πρέπει να επισημανθεί ότι μέχρι σήμερα το κόστος παραγωγής ενέργειας από ένα συμβατικό σταθμό όπως της Σύμης ξεπερνά τα 0,30ευρώ/kwh ενώ στον υβριδικό σταθμό το κόστος παραγωγής ενέργειας είναι 0,04ευρώ/kwh.

Η δημιουργία ενός υβριδικού σταθμού μπορεί να έχει υψηλό κόστος επένδυσης σε σύγκριση με ένα συμβατικό σταθμό όμως δίνει την δυνατότητα να παραχθεί ενέργεια με χαμηλότερο κόστος χωρίς εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα το οποίο επιβαρύνει την ατμόσφαιρα και το περιβάλλον.

Σε χρονικό διάστημα 9 έτη γίνεται η απόσβεση των χρημάτων ιδίων κεφαλαίων και δανείου που επενδύονται και σε 14 έτη του συνολικού κόστους επένδυσης.

Σε μια οικονομικά κρίσιμη εποχή η σωστή διαχείριση της παραγωγής ενέργειας μπορεί να σταθεί ως μέτρο οικονομικής ανάπτυξης. Για τον λόγο αυτό πρέπει να ξεπεραστούν τα οποιαδήποτε εμπόδια και να ξεκινήσει η δημιουργία τέτοιων έργων που προάγουν καινοτόμες ιδέες, αποτελούν κίνητρο οικονομικής ανάπτυξης και περιβαλλοντικής ανακούφισης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

<http://www.hydrolink.cz/en/pelton-turbines/hhp-v-type-vertical-compact-pelton-turbine-5.html>

https://www.google.gr/search?q=two+step+SAWH+PIPE+MILL&espv=2&biw=1366&bih=662&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj4ofXftKfSAhVHiRoKHWSaBtsQ_AUIBigB#imgsrc=iwJJuUNfIRIV9M:

Μιχαήλ Η. Ριτσατάκης, ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ, ΤΕΙ Κρήτης
Ηράκλειο 2006

Δημήτριος Ε. Παπαντώνης, ΜΙΚΡΑ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΡΓΑ, ΕΜΠ Αθήνα 2001

Δημήτριος Ε. Παπαντώνης, ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ: ΑΝΤΛΙΕΣ-ΥΔΡΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ, ΕΜΠ Αθήνα 2002

Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (Ρ.Α.Ε): www.rae.gr

Βικιπαίδεια Ηλεκτρονική Εγκυκλοπαίδεια: www.en.wikipedia.org

Εργαστήριο Αιολικής Ενέργειας και Σύνθεσης Ενεργειακών συστημάτων: www.wel.teiher.gr

Αντλίες- Υδροστροβίλοι: www.andritz.com

Υδροστροβίλοι: www.gilkes.com